



Revista de Ingeniería

ISSN: 0121-4993

reingeri@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

Pacheco, José; Franco, Juan F.; Behrentz, Eduardo
Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: Estudio piloto
Revista de Ingeniería, núm. 30, noviembre, 2009, pp. 72-80
Universidad de Los Andes
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121015710003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: Estudio piloto

Noise Pollution in Bogotá City: A Pilot Study

Recibido 6 de octubre de 2009, modificado 16 de diciembre de 2009, aprobado 20 de diciembre de 2009.

José Pacheco

Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR). Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia.

jos-pach@uniandes.edu.co ✉

Juan F. Franco

MSc. Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR). Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia.

jufranco@uniandes.edu.co ✉

Eduardo Behrentz

Ph.D. Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR). Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia.

ebehrent@uniandes.edu.co ✉

PALABRAS CLAVES

Calidad de vida, contaminación acústica, microambientes, presión sonora, ruido, tráfico vehicular.

KEY WORDS

Acoustic pollution, microenvironment, noise, quality of life, sound pressure, vehicle traffic.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar los niveles de contaminación auditiva en Bogotá. Para esto, se seleccionaron ocho microambientes en cuatro zonas de la ciudad así como varios corredores viales, en donde se llevaron a cabo mediciones de presión sonora y filmaciones de las condiciones de tráfico de la vía adyacente. Los niveles de ruido ambiental encontrados superaron en el 75 % de los casos los valores sugeridos por la norma nacional colombiana. Éste fue el caso incluso para sectores tales como parques y hospitales. Los resultados aquí reportados pueden ser utilizados para demostrar la importancia y complejidad del impacto que los vehículos tienen sobre los niveles de ruido en la ciudad.

ABSTRACT

The main goal of this research was to characterize the range of noise pollution in Bogotá. To achieve such objective, we selected eight microenvironments and several roadways in different zones of the city. In the selected locations, we conducted sound pressure measurements and documented the traffic congestion using a digital video camera. 75% of the time the determined noise levels were above the national standards. This was the case even for sensitive zones such as those nearby parks and hospitals. The results obtained through this research demonstrate both, the importance and complexity of the vehicle traffic impact over the noise pollution in the city.

INTRODUCCIÓN

El ruido se entiende como cualquier sonido no deseado o potencialmente dañino, que es generado por las actividades humanas y que deteriora la calidad de vida de las personas [1]. Éste es reconocido en la sociedad actual como una consecuencia de la urbanización, el crecimiento económico y el tráfico motorizado [2, 3]. En este sentido, ha sido documentado que para la población habitante de un centro urbano el ruido generado por el tráfico vehicular es la principal causa de molestia [4 - 7]. Dada esta evidencia, instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) han definido a la contaminación auditiva como el tercer problema ambiental de mayor relevancia en el mundo [5]. Asimismo, diversos estudios internacionales han asociado efectos adversos en la salud humana con altos niveles de ruido [2, 6].

La exposición prolongada a altos niveles de presión sonora ha sido identificada como promotora de cambios en los comportamientos o actitudes de las personas, y es la sensación de fastidio el principal efecto adverso. Esto último puede materializarse como malestar, incertidumbre, confusión y sentimiento restringido de libertad [6]. Por ejemplo, una exposición prolongada a 50 decibels (dB(A)) causa fastidio moderado mientras que una exposición a 55 dB(A) genera fastidio severo [5]. La molestia asociada con el ruido no solo depende de la naturaleza del sonido (v.g. frecuencia y potencia) sino también de parámetros inherentes a la personalidad y preferencias de cada individuo [8].

Para el caso concreto de Bogotá, la autoridad ambiental distrital ha reportado que las localidades de Kennedy, Suba y Engativá son las más contaminadas por ruido de acuerdo al número de quejas por parte de la comunidad [9]. Un estudio previo desarrollado en la ciudad [10] generó mapas de cinco localidades con puntos geo-referenciados correspondientes a las principales fuentes emisoras de ruido.

En el estudio objeto de este documento, se presenta una aproximación a la caracterización de la contami-

nación auditiva en Bogotá y se discuten los diferentes factores que tienen algún impacto sobre la misma.

METODOLOGÍA

PUNTOS Y ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Para la campaña de campo se seleccionaron ocho microambientes específicos en cuatro zonas de Bogotá, de acuerdo a la categorización establecida en la norma nacional de ruido, la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MADVT). En ésta, los centros urbanos se dividen en distintos sectores (Tabla 1) de acuerdo a los niveles permisibles de ruido (Sector A: tranquilidad y silencio, Sector B: tranquilidad y ruido moderado, Sector C: ruido intermedio restringido; y Sector D: zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado).

Para cada uno de estos sectores se seleccionaron, a partir de recorridos de reconocimiento, dos escenarios clasificados según la contaminación auditiva en el lugar (mejor y peor escenario). Las mediciones por duplicado se realizaron entre los meses de junio y julio de 2008, el tiempo de duración de cada observación fue de ocho horas (8:00 a.m. - 4:00 p.m.) y se utilizó ponderación temporal lenta (slow).

Sector	Subsector	Microambiente	Ubicación en Bogotá
A	Hospital	Mejor Escenario	Carrera 111 x Calle 157
		Peor Escenario	Calle 127 x Autopista Norte
B	Residencial	Mejor Escenario	Calle 100 x Avenida Suba
		Peor Escenario	Calle 75 x Carrera 1
C	Comercial	Mejor Escenario	Calle 109 entre Av. 15 y Av. 19
		Peor Escenario	Carrera 10 x Calle 13
D	Parque	Mejor Escenario	Avenida 68 x Calle 63 (interior)
		Peor Escenario	Avenida 68 x Calle 63 (exterior)

Tabla 1. Microambientes incluidos en el estudio.

Corredor vial	Ubicación	Carriles	Características del tráfico
Carrera Séptima	Cra 7 x Cll 32	6	Numerosos buses y busetas
Avenida Carrera 30	Cra 30 x Cll 48	12	Troncal de TransMilenio
Avenida Circunvalar	Av. Circunvalar x Cll 72	4	Numerosos veh. particulares

Tabla 2. Microambientes asociados con tráfico vehicular.

Adicionalmente, se realizaron mediciones de presión sonora en tres corredores viales de la ciudad, seleccionados de acuerdo a la cantidad y el tipo de tráfico que circula por éstos (ver Tabla 2). Durante estas pruebas, se registraron datos de ponderación temporal rápida (Fast). Cada medición tuvo una duración de dos horas y se llevaron a cabo dos pruebas cada día, de tal manera que se estableciera una diferencia entre los horarios de mayor congestión (7:00 a.m. - 9:00 a.m.) y menor congestión vehicular (11:00 a.m. - 1:00 p.m.).

Simultáneamente a la medición de presión sonora al lado de la vía, se realizaron filmaciones con una cámara de video digital. A partir de dichas filmaciones fue posible cuantificar y caracterizar el tráfico vehicular de acuerdo a las siguientes categorías: vehículos particulares, taxis, buses, camiones, motos y buses articulados del sistema de transporte masivo (TransMilenio).

De igual modo, se realizaron mediciones de presión sonora durante jornadas especiales tales como el “día sin carro” (cuando se restringe en su inmensa mayoría la circulación de vehículos de uso privado) y la “ciclovía dominical” (cuando varias de las principales avenidas de la ciudad son cerradas al tráfico vehicular con el fin de dar paso a un espacio de recreación activa para los residentes de la ciudad).

Las mediciones de presión sonora en la jornada del día sin carro se realizaron el 5 de febrero de 2009 y para éstas se seleccionó una vía en donde el tráfico de vehículos particulares fuera predominante (en días de

tráfico regular). El punto de medición fue la Avenida Circunvalar a la altura de la Calle 72 (ver Tabla 2). Las mediciones referentes a la ciclovía se llevaron a cabo el domingo 18 de mayo de 2008 en la Avenida 15 a la altura de la Calle 85 y el martes 20 de mayo de 2008 (en un día de tráfico vehicular normal para fines comparativos). En estas mediciones se registraron datos cada hora ($L_{A,eq,1h}$) entre las 8:00 a.m. y las 3:00 p.m. para el día de ciclovía y entre 8:00 a.m. y 12:00 m. en el día de tráfico normal.

INSTRUMENTACIÓN

Los valores de presión sonora se obtuvieron en tiempo real utilizando un sonómetro tipo 1 marca Areva-Metravib referencia Solo. Durante cada medición se registraron y almacenaron en la memoria del equipo las variables de presión sonora continuo equivalente ($L_{eq, \Delta t}$), presión sonora en cada intervalo de tiempo (L_p), presión sonora máximo registrado ($L_{a,max}$), presión sonora mínimo registrado ($L_{a,min}$), valor pico (L_{pico}) y percentiles estadísticos L_{90} , L_{50} , L_{10} .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RUIDO AMBIENTAL

La Tabla 3 resume los resultados de presión sonora obtenidos en los microambientes caracterizados. Según dichos resultados, la norma establecida por la autoridad nacional no se cumple en el 75% de los casos evaluados¹. El límite máximo permisible se incumple

1 Para la comparación con la norma nacional se debe destacar que ésta se utilizó simplemente como un valor de referencia, dado que los períodos de integración establecidos en la Resolución 627 de 2006 son distintos (14 horas) a los utilizados en este estudio (8 horas). Estos últimos son típicos para investigaciones como la aquí desarrollada [5].

Sector	Subsector	Microambiente	Norma	$L_{A,eq,8h}$	$L_{max,8h}$	$L_{min,8h}$	L_{pico}	L_{90}
A	Hospital	Mejor escenario	55	60	79	52	114	55
		Peor escenario		73	94	60	113	66
B	Residencial	Mejor escenario	65	60	88	46	105	50
		Peor escenario		69	81	56	107	61
C	Comercial	Mejor escenario	70	65	83	51	111	58
		Peor escenario		76	92	67	115	71
D	Parque	Mejor escenario	55	56	78	46	105	48
		Peor escenario		61	82	54	106	57

Tabla 3. Resultados de presión sonora en mediciones de ruido ambiental.

en todos los sectores (A, B, C y D) para aquellos microambientes considerados de alta exposición a ruido (peor escenario). Para los Sectores A y D (considerados de mayor tranquilidad y por ende sujetos a límites más estrictos), se incumplieron los máximos permisibles incluso para los microambientes considerados de baja exposición a ruido (mejor escenario).

En particular, el Sector A (en donde se incluye el subsector más sensible y correspondiente a zonas de hospitales) fue para el cual se presentaron los mayores niveles de incumplimiento.

Para dicho sector, la diferencia entre el valor obtenido en la medición y el valor decretado por la norma es 3.5 veces para el caso del mejor escenario y de 12.5 veces para el caso del peor escenario². De forma similar, el percentil 90, correspondiente al ruido de fondo en ausencia de fuentes cercanas [10], fue superior al valor de la norma en los dos microambientes del sector A.

RUÍDO ASOCIADO CON TRÁFICO

La Tabla 4 resume los resultados de presión sonora y la Tabla 5 el número y tipo de vehículos que fueron observados durante las mediciones realizadas. Los resultados de los aforos vehiculares muestran que, durante horas de alto tráfico, la Avenida Carrera 30 presenta un flujo vehicular 3.5 veces mayor al observado en la Avenida Carrera Séptima (17,800 vs. 4,835). A

pesar de esta notable diferencia, el $L_{A,eq}$ registrado en la Carrera 30 fue superior en tan solo 0.9 dB(A).

Según la teoría acústica, se espera que al duplicar el número de fuentes emisoras, el nivel de ruido aumente en 3 dB(A) [11]. De esta forma, para el caso analizado en el párrafo anterior, al aumentar en 3.5 veces el número de fuentes, se esperaría un incremento en el nivel de ruido de aproximadamente 9 dB(A), es decir 10 veces mayor (en escala logarítmica) al valor observado.

Esta aparente inconsistencia puede encontrar explicación al analizar la distribución por categorías vehiculares en cada vía estudiada: Por un lado se conoce que los vehículos pesados (buses y camiones) generan una emisión de ruido mayor que los vehículos de carga liviana [4]. Por el otro, los resultados aquí reportados (ver Tabla 5) muestran que en las horas de alto tráfico, la Carrera Séptima presenta el mayor número de vehículos pesados (775 incluyendo buses y camiones) al compararse con la Carrera 30 (500 vehículos pesados). Esto significaría que, en las condiciones estudiadas, el principal determinante del nivel de contaminación auditiva no sería el número total de vehículos sino la proporción de los vehículos de carga pesada.

Sin embargo, también es posible que la situación antes descrita sea consecuencia de los diferentes patrones

2 Estas diferencias se derivan de la escala logarítmica utilizada para expresar los niveles de presión sonora.

de flujo (e.d., velocidades y aceleraciones medias) que se presentan en las vías estudiadas. Esto no puede ser confirmado con los análisis aquí realizados, pues mediciones de parámetros tales como velocidades medias de flujo, carga de tráfico y pendiente del terreno se encontraban fuera del alcance de este trabajo.

En este mismo sentido se observó que en la Avenida Circunvalar se registraron los máximos niveles de presión sonora (L_{\max} - ver Tabla 4) a pesar de que en este corredor vial no se presentaron los mayores flujos totales ni los mayores flujos para vehículos de carga pesada (ver Tabla 5). En este caso en particular, los resultados encontrados pueden deberse a las condiciones de la vía en referencia y en especial del lugar en donde se instaló el equipo de medición. Dadas

dichas condiciones (cercanía a un semáforo en una vía rápida con pendientes significativas) es esperable que los regímenes de conducción sean distintos a los observados en las otras vías analizadas. Para el caso de la Avenida Circunvalar dichos regímenes se caracterizan por aceleraciones más extremas así como por mayores exigencias (revoluciones de los motores) de los vehículos que circulan por la vía.

Estudios previos [10] han definido al percentil 10 (L_{10}) como el valor medio representativo de los valores máximos de la medición, al percentil 50 (L_{50}) como indicador del valor medio de la medición y al percentil 90 (L_{90}) como el ruido de fondo promedio. Los mismos autores desarrollaron un método para cuantificar el fastidio generado por el tráfico, a través

Corredor Vial	Hora ^a	$L_{A,eq,2h}$	L_{\max}	L_{\min}	L_{pico}	L_{90}	L_{10}
Carrera Séptima	Pico	77	97	61	111	67	80
	Valle	76	97	60	114	66	79
Carrera 30	Pico	78	96	66	117	73	80
	Valle	77	98	65	120	70	80
Avenida Circunvalar	Pico	76	102	52	122	63	78
	Valle	75	92	53	115	59	78
Avenida Circunvalarb	Pico	74	94	51	117	61	78
	Valle	73	97	48	114	55	76

Tabla 4. Resultados de presión sonora en corredores viales.

a) Hora pico = 7:00 a.m. - 9:00 a.m.; Hora Valle = 11:00 a.m. - 1:00 p.m.; b) Día sin carro.

Corredor Vial	Privados	Taxis	Buses	Camiones	Motos	TM ^e	Otros	Total
Carrera Séptima ^a	1,500	1,700	750	25	770	0	90	4,835
Carrera Séptima ^b	1,900	1,650	700	90	650	0	120	5,110
Carrera 30 ^a	9,300	4,400	250	250	1,900	250	1,450	17,800
Carrera 30 ^b	8,000	2,100	300	750	1,000	110	1,300	13,650
Av. Circunvalar ^a	2,500	750	75	20	275	0	90	3,710
Av. Circunvalar ^b	2,350	550	20	70	220	0	110	3,320
Av. Circunvalar ^c	400	950	40	15	160	0	100	1,665
Av. Circunvalar ^d	250	650	15	45	200	0	100	1,260

Tabla 5. Aforos vehiculares (automotores por hora) según categoría vehicular.

a) Hora pico = 7:00 a.m. - 9:00 a.m.; b) Hora valle = 11:00 a.m. - 1:00 p.m.; c) Día sin carro entre 7:00 y 9:00 a.m.; d) Día sin carro entre 11:00 a.m. y 1:00 p.m.; e) Buses del Sistema Transmilenio.

del Índice de Ruido en Tráfico (Traffic Noise Index - TNI). Dicho índice se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{TNI} = 4 \times (L_{10} - L_{90}) + (L_{90} - 30) \quad (1)$$

En la Tabla 6 se presentan los valores del TNI en los tres corredores viales estudiados. De forma consistente con lo discutido en párrafos anteriores, la Avenida Circunvalar, si bien no es el corredor vial con el mayor flujo de vehículos, resulta ser la calle para la cual se presenta el más alto TNI. Más aún, el máximo valor para dicho indicador se alcanza en esta vía en momentos considerados como horas valle (e.d., de relativamente baja actividad vehicular).

En adición a lo que ha sido discutido en términos del efecto de la velocidad de circulación, estos resultados pueden estar relacionados con el comportamiento desigual y menos uniforme del flujo vehicular en la Avenida Circunvalar, en especial al compararse con las características del flujo en la Avenida Carrera 30. En el primer caso se observan cochadas de vehículos acelerando y desacelerando constantemente (que tienden a generar mayor molestia a la población expuesta) mientras que en el segundo caso se presenta un flujo “tipo autopista” en donde por extensos períodos de tiempo las condiciones parecen ser las mismas. Este efecto se observa no solo en los aforos vehiculares desarrollados en este trabajo sino también en las lecturas de presión sonora sin integrar (ver Figura 1).

Corredor Vial	Hora ^a	TNI
Carrera Séptima	Pico	90
Carrera Séptima	Valle	85
Carrera 30	Pico	71
Carrera 30	Valle	80
Avenida Circunvalar	Pico	94
Avenida Circunvalar	Valle	104

a. Hora pico = 7:00 a.m. - 9:00 a.m.; Hora valle = 11:00 a.m. - 1:00 p.m.

Tabla 6. Resultados del índice de ruido en tráfico.

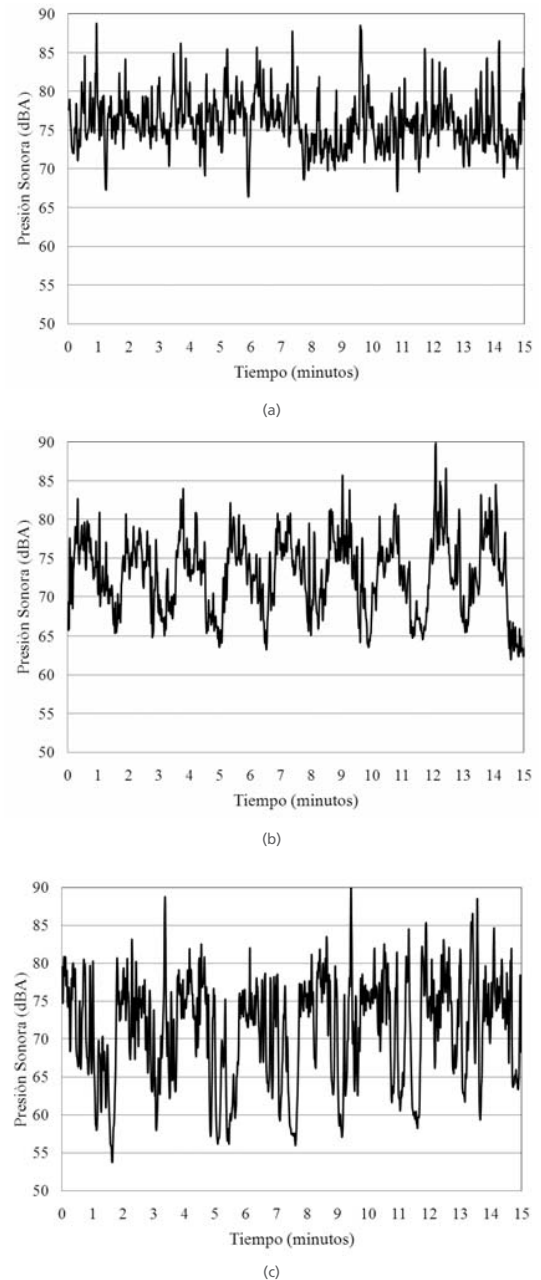


Figura 1. Nivel de presión sonora sin integrar - L_p (segundo a segundo por periodos de 15 minutos): a) Carrera 30; b) Carrera Séptima; c) Avenida Circunvalar.

RESULTADOS PARA LA JORNADA DEL DÍA SIN CARRO

Al comparar la jornada de día sin carro con un día de tráfico regular (ver Tablas 4 y 5) se observa una disminución de aproximadamente 55% en la flota vehicular (aforo total) durante horas típicamente categorizadas como de alto tráfico (entre 7:00 y 9:00 a.m.), mientras que el $L_{A,eq}$ decreció en tan solo 1.1 dB(A). En la hora valle (entre 11:00 a.m. y 1:00 p.m.) la disminución en flota vehicular fue de aproximadamente 65% y la disminución del $L_{A,eq}$ de 1.6 dB(A).

De forma consistente con lo planteado en diferentes apartes de este documento, estos resultados muestran una vez más que los niveles de contaminación auditiva asociados con el tráfico vehicular así como el grado de afectación y de molestia asociados con los mismos son función de diversas variables con complejas interacciones entre sí. Para el caso del día sin carro, por ejemplo, tal parece que el beneficio (en términos de contaminación acústica) asociado con un menor nivel de congestión vehicular se ve contrarrestado por las mayores velocidades de circulación y la menor uniformidad del flujo vehicular.

CICLOVÍA DOMINICAL

No obstante la discusión planteada en las secciones anteriores, los resultados de esta investigación muestran de forma clara que el tráfico vehicular es uno de los principales responsables del problema de contaminación auditiva que padecen Bogotá y otros centros urbanos de Colombia y América Latina. Esto se puede demostrar de las mediciones realizadas en el contexto de la ciclovía dominical de Bogotá. En las Figuras 2 y 3 se muestran los valores de presión sonora durante dicha jornada, así como en momentos de tráfico regular en un día normal (mediciones realizadas en el mismo punto de la misma vía). En resumen, en las mediciones correspondientes al día de tráfico normal, los niveles de ruido fueron siete veces más grandes que aquéllos encontrados en el mismo punto de la ciudad cuando se llevaba a cabo la jornada de la ciclovía dominical.

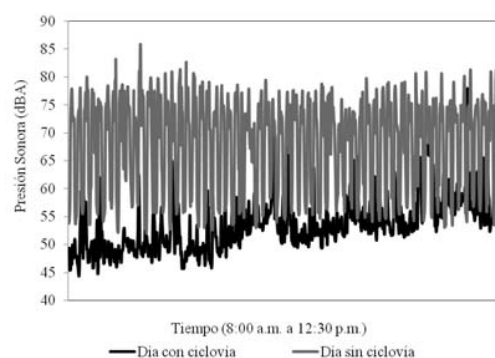


Figura 2. Valores en tiempo real durante la jornada de ciclovía y día hábil.

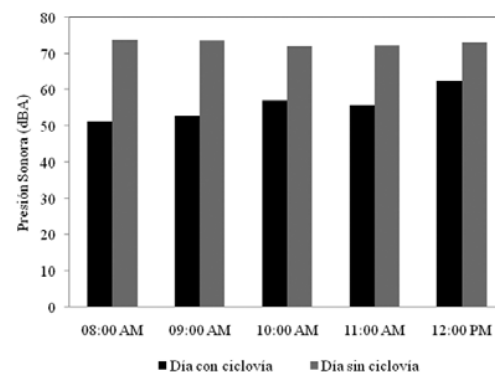


Figura 3. Comparación de los $LA_{eq,1h}$ durante la jornada de ciclovía y día hábil.

CONCLUSIONES

Dados los elevados niveles de presión sonora detectados en este estudio, a lo largo de los diferentes microambientes evaluados así como en diferentes corredores viales de la ciudad, es posible afirmar que Bogotá enfrenta un serio problema de contaminación auditiva que merece no solo mayor atención sino mejor documentación. Dicho problema es padecido de forma generalizada en la ciudad incluyendo zonas residenciales y comerciales así como lugares aledaños a hospitales y parques.

Las causas del problema en referencia son diversas pero en términos del denominado “ruido ambiental”,

el cual fue el objeto principal de esta investigación, es claro que las fuentes vehiculares (en particular los buses de transporte colectivo y las motocicletas) son responsables de gran parte de las emisiones. En este sentido, es relevante resaltar que el efecto de los vehículos en los niveles de presión sonora y en la sensación de molestia causada a la población es función no solo de la cantidad de automotores sino también de la velocidad de circulación de los mismos y del nivel de uniformidad del tráfico.

Otras fuentes importantes de contaminación auditiva, que no fueron estudiadas en detalle en este trabajo, incluyen la actividad aeroportuaria, el perifoneo (uso de altoparlantes para comercializar productos en las calles), las actividades de construcción que se realizan fuera de los horarios establecidos, el exceso de volumen utilizado en locales de esparcimiento y diversión localizados en zonas residenciales, el exceso de volumen durante fiestas privadas, y los aullidos de perros y otras mascotas cuando son desatendidas por sus dueños.

Esta realidad afecta no solo la salud y la calidad de vida de la población sino que también atenta contra su patrimonio e incluso contra la competitividad de la ciudad. De esta forma, las autoridades ambientales de orden local y nacional deben asumir su responsabilidad en estos temas y dar solución integral al problema de contaminación por ruido. Para esto, se requiere tanto de una normatividad integral y bien construida, como de mecanismos que otorguen a las autoridades competentes una capacidad de acción inmediata y efectiva sobre los infractores.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible gracias a la colaboración de la Clínica Juan N. Corpas, la Clínica Reina Sofía y Panamericana S.A. (sucursal Carrera Décima). De manera muy especial, se agradece la ayuda y aportes intelectuales de Olga Lucía Sarmiento y Andrea Maldonado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Murphy, E. King and H. Rice.
“Estimating human exposure to transport noise in central Dublin, Ireland”. *Environment International*. Vol. 35, No 2, February 2009, pp. 298-302.
- [2] K. Stassen, P. Collier and R. Torfs.
“Environmental burden of disease due to transportation noise in Flanders (Belgium).” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 13, No. 6, August 2008, pp. 355-358.
- [3] D. Bies y C. Hansen.
Engineering Noise Control: Theory and Practice. Nueva York: SponPress, 2003, pp.101-106,145-153.
- [4] A. Calixto, F. Diniz and P. Zannin.
“The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting.” *Cities*. Vol. 20, No. 1, February 2003, pp. 23-29 .
- [5] OMS.
Guidelines for community noise. World Health Organization. Reporte Institucional. 1999.
- [6] E. Öhrström, A. Skanberg, H. Sevenddon and A. Gidlöf-Gunnarsson.
“Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness”. *Journal of Sound and Vibration*. Vol. 295, No 1-2. August 2006, pp. 40-59.
- [7] M. Martín, A. Tarrero, J. González and M. Machimbarrena.
“Exposure-effect relationship between road traffic noise annoyance and noise cost valuations in Valladolid, Spain”. *Applied Acoustics*. Vol. 67, No 10. October 2006, pp. 945-958.
- [8] V. Pathak, B. Tripathi and V. Mishra.
“Evaluation of traffic noise pollution and attitudes of exposed individuals in working place.” *Atmospheric Environment*. Vol. 42, No 16. May 2008, pp.3892-3898.



Archivo, Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR). Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de los Andes.

[9] *Veeduría temática, control institución a la contaminación auditiva en Bogotá - Alcaldía Mayor de Bogotá*. Personería delegada para el medio ambiente y desarrollo urbano. Reporte Institucional, 2005.

[10] *Bogotá como vamos – informe agosto 2007*. Secretaría Distrital de Ambiente -Alcaldía Mayor de Bogotá. Reporte Institucional, 2007.

[11] F. Langdon and W. Scholes.

“The traffic noise index: A method to controlling noise nuisance.” *Building Research Current Papers*. 38168, April 1968.

[12] S. Singal.

Noise Pollution and Control Strategy. Nueva Delhi: Alpha Science, 2005 (29-35).