

REVISTA DE ESTUDIOS REGIONALES

I.S.S.N.: 0213-7585

2ª EPOCA Enero-Abril 2018



111

SUMARIO

Manuel de Maya Matallana, María López Martínez y Prudencio José Riquelme Perea. Estimación del bienestar socioeconómico de las comarcas de la Región de Murcia

Anselmo Carretero Gómez, Jaime de Pablo Valenciano, Juan Francisco Velasco Muñoz. Recursos endógenos mineros y desarrollo territorial. El caso de la comarca del Mármol (Almería, España)

Paula Sánchez Acereda y Yolanda Martínez Martínez. Combinación de instrumentos económicos para el control de la contaminación difusa en el sector porcino de Aragón

Silvana Jiménez y Rafael Alvarado. Especialización sectorial, capital humano e ingreso regional en Ecuador

María Rosa Herrera, Cristina Mateos Mora y Clemente Navarro Yañez. Difusión y efectos del movimiento 15M en Andalucía: mayo de 2011

Juana M^a Morcillo Martínez, Eva M^a Sotomayor Morales y Yolanda M^a de la Fuente Robles. La triada: inicio, tránsito y consolidación versus retorno de mujeres que emigran desde Tánger a Andalucía en un contexto de crisis económica

Francisco Javier Correa Restrepo, Juan David Osorio Múnera y Carolina Andrea Carreño Campo. Estimación de la relación entre el ruido y la molestia generada por el tráfico vehicular: una aplicación en la ciudad de Medellín, Colombia

Textos

Estimación de la relación entre el ruido y la molestia generada por el tráfico vehicular: una aplicación en la ciudad de Medellín, Colombia*

Estimation of the relationship between noise and annoyance caused by vehicular traffic: an application in the city of Medellín, Colombia

Francisco Javier Correa Restrepo

Juan David Osorio Múnera

Carolina Andrea Carreño Campo

Universidad de Medellín, Colombia

Recibido, Septiembre de 2016; Versión final aceptada, Septiembre de 2017.

PALABRAS CLAVE: Análisis acústico, Molestia, Ruido, Externaldad, Bienestar social

KEY WORDS: Acoustic analysis annoyance, Noise, Externality, Social welfare

Clasificación JEL: Q53, Q580, D62

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estimar la relación ruido-molestia generada por el tráfico vehicular en la ciudad de Medellín (Colombia). A partir de la estimación de un modelo econométrico de elección discreta se establece la relación exposición-respuesta entre el ruido y las molestias percibidas por los individuos. Se encontró que existe una relación directa entre el nivel de molestia y la exposición a altos niveles de ruido. Se concluye que, si bien se debe buscar reducir los niveles de ruido en toda la ciudad, las autoridades ambientales deben priorizar la ejecución de este tipo proyectos donde los grupos poblacionales declaren mayores molestias.

* Este trabajo de investigación es derivado del proyecto de investigación titulado: "Beneficios económicos de la reducción del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de Medellín", el cual fue desarrollado por el grupo de investigación de Economía Aplicada (GEA), Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Medellín, Categoría B COLCIENCIAS, ejecutado en el período Julio de 2012–Noviembre de 2013 y financiado por COLCIENCIAS y la Universidad de Medellín en el marco de la convocatoria 521 – 2010 del Banco de Proyectos de investigación científica o tecnológica.

ABSTRACT

The rapid growth of economic activity has led to the emergence of major new environmental problems for society, such as oil spills and chemical, the negative impact on the landscape, the deterioration of strategic ecosystems and increased levels of noise, among others, whose solutions require new challenges by professionals and researchers in environmental economics. In particular, the accelerated noise emissions for the most dynamic industrial, commercial and leisure activities have generated a gradual deterioration of the acoustic quality of the cities with the consequent loss of welfare for the population. Within these emission sources of noise, traffic stands out as one of the sources that most contributes to the loss of quality in cities and in particular in urban areas. In this sense, the main negative impacts of increased noise levels in urban areas are those associated with damage to health and loss of value of houses.

Medellin (Colombia) as an area of integration of economic activities of the various surrounding municipalities has presented as one of its main elements of environmental degradation their damaged acoustic conditions where noise levels associated with vehicular traffic have been considered as a major environmental problem in the region. According to a study by the Traffic and Transportation Office of Medellín annual growth rate of the vehicular fleet for the period 2008-2010 was 9.3%. This increase in the number of vehicles has a direct relationship with increasing noise levels generated by this mobile source. Consequently, increases in noise pollution leading to a loss of welfare of society by generating high economic costs in the health of citizens and the depreciation of the value of real estate.

On the other hand, several studies in the last decade about the noise in the city of Medellín have concluded that vehicular traffic is the main cause of the deterioration of urban acoustic quality. In this sense, the studies link the increase of the vehicles to higher noise levels in the city.

The most significant contribution with regard to noise emissions by vehicular traffic is associated with the circulation of trucks and public transport the urban areas. Noise intensity continue motorcycles and finally light vehicles such as cars and taxis. The actual participation of the different types of vehicles depends not only on individual emission levels but the volume of vehicles traveling on the road and transit frequency. Factors such as the number of vehicles of each type that are circulating in the streets of the cities, the speed they develop, the type of surface on which they travel, among other variables, are also determinants in noise levels generated.

In addition, the city of Medellín has lots of land conflicts associated with noise levels in relation to environmental noise standard and territorial allocation of the city. While much of the city is defined as residential area is subject to noise values on the day of 57dB (A), a minimum value and 82dB (A) like the maximum value of emission (AVMA, 2011, p. 166). While for the night the minimum emission levels are 42-45dB (A) in the lowest points and 75-77dB (A) into the highest (AVMA, 2011). In urban areas in Medellín, particularly in residential use, do not meet the emission standards of maximum noise levels established by resolution 627 of 2006, which are of 65dB (A) for day-work 55dB (a) for the night in land use residential (AVMA, 2011).

Exposure-annoyance relationship was obtained by a socio-acoustic analysis from data collected with the application of a survey. This instrument was applied in the neighborhoods of the city of Medellín, with questions associated with the discomfort caused by vehicular traffic noise linked to various areas where respondents were located: the road network, land use and noise behavior in the City. To evaluate the noise nuisance for vehicular traffic using the measuring scale established in international research guide nuisance noise (ISO, 2003), which uses the following categories: nothing annoying, slightly annoying, moderately annoying, very annoying and extremely annoying.

Then exposure-response function between noise and nuisance level was found. Thus the probability that an individual was upset at every level of discomfort was obtained, which depends on the decibels of noise to which it is exposed. The estimated econometric models used as control data: socioeconomic characteristics, proximity to roads and type of involvement of households by exposure to noise. The results show that the nuisance noise by vehicular traffic can be explained

not only by the decibels of noise but also by variables related to the effect of the nuisance by noise on people and the socioeconomic conditions associated with individuals.

From the results found in this study it states that socioeconomic variables are important in explaining the degree of tolerance of the population of Medellín against rising levels of noise traffic. Similarly, it is proposed that the wide range of responses in different grades of discomfort depends on the subjective characteristics of individuals, which is a fundamental point of reference for implementing programs or projects aimed at reducing noise from vehicular traffic.

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la calidad acústica de una ciudad tiene un papel importante en la vida de sus habitantes ya que contribuye a un mayor bienestar social, a través de la reducción de la molestia que causa la exposición al ruido. Como bien ambiental la calidad acústica no posee un valor de mercado por lo que no se establece explícitamente un indicador de su importancia social. Sin embargo, el acelerado crecimiento de las ciudades con sus actividades comerciales e industriales ha contribuido significativamente al incremento de las emisiones de ruido que generan mayor molestia e impactos negativos en la población. El ruido como contaminante ambiental es uno de los problemas crecientes más importantes de las ciudades. Los impactos generados por esta externalidad negativa están representados en el deterioro de la salud humana y en la disminución de los precios de las viviendas, lo que representa pérdida de bienestar para la sociedad, en particular para aquellos grupos de población asentados en las ciudades (Bateman, Day, Lovett y Lake, 2000).

De las diferentes fuentes de ruido presentes en las zonas urbanas el tráfico vehicular es la que constantemente aporta al incremento de los niveles de ruido debido, principalmente, al crecimiento del parque automotor en las ciudades. Ahora, entre los efectos negativos que el ruido puede tener sobre la salud de las personas están las afecciones físicas y psicológicas asociadas a la exposición de ruido. Tales efectos varían según los diferentes niveles de exposición. El ruido, entendido como cualquier sonido innecesario e indeseable que implica una reacción psicofisiológica del sujeto, puede causar patologías en quienes están expuestos durante un largo periodo de tiempo a una fuente de emisión cercana (Ortega y Cardona, 2005). En este sentido, el tráfico vehicular es una fuente móvil que tiene gran participación en el aumento de los niveles de ruido de la ciudad de Medellín (Colombia). La mayoría de las zonas urbanas de la Ciudad superan los decibeles permisibles por la legislación vigente, lo cual causa afectaciones y molestias en los habitantes, especialmente en las zonas residenciales (Echeverri, Murillo y Valencia, 2011).

Dado lo anterior, el objetivo de este trabajo es estimar la relación exposición-molestia de las personas afectadas a causa del ruido por tráfico vehicular. Para hacer la estimación se hizo un análisis socio-acústico a partir de la aplicación de

una encuesta en la Ciudad de Medellín (Colombia) a los individuos acerca de su percepción de molestia por el ruido en los hogares. Este artículo consta de cinco secciones, las cuales incluyen esta introducción. La segunda sección presenta los antecedentes teóricos donde se establece el marco teórico para abordar el problema del ruido como una externalidad ambiental y, en particular, se analizan los impactos negativos del tráfico vehicular en ciudades latinoamericanas en crecimiento, tomando como estudio de caso la ciudad de Medellín, Colombia. En la tercera sección se establece la metodología utilizada para estimar la molestia causada por el ruido generado por el tráfico vehicular y se describen las fuentes de información utilizadas. La cuarta muestra los resultados encontrados a partir de las estimaciones econométricas obtenidas a partir de la aplicación de la encuesta socio-acústica. Por último, la sexta sección presenta las conclusiones del documento.

2. MARCO TEÓRICO

En la literatura se vincula, usualmente, el ruido a la declaración de molestia por parte de una población o individuo que se encuentra expuesto a ciertos niveles de presión sonora. Zuluaga (2009) lo define como un sonido indeseable que perturba al ser humano a través del sentido de la audición y que produce efectos fisiológicos y psicológicos en las personas. Sin embargo, el ruido tiene diversas definiciones técnicas, jurídicas y sociales, según sea el contexto en el cual se evalúa la problemática (Martínez, 2005). No obstante, la consideración de un evento sonoro dentro de la categoría de ruido, se encuentra influenciada por un criterio subjetivo que está determinado en la generación de sensaciones de rechazo en el oyente, dados ciertos niveles y tiempos de exposición, que a su vez definen la existencia o no de la contaminación acústica en un espacio determinado.

La contaminación acústica constituye uno de los principales problemas ambientales en las zonas urbanas alrededor del mundo y es causada por la exposición a altos niveles de ruido, los cuales son generados por dos tipos de fuentes: fuentes estacionarias o fijas y fuentes móviles. Las fuentes estacionarias o fijas agrupan el ruido asociado a infraestructuras industriales y de recreación, así como a actividades comerciales, entre otras. Mientras que las fuentes móviles se asocian al transporte, a saber: como los vehículos automotores, aviones, ferrocarriles, etc. En las ciudades el tráfico vehicular es una de las fuentes que más aporta en la generación de ruido. Este incremento está asociado al acelerado crecimiento del parque automotor como consecuencia del aumento de las actividades económicas y de la rápida urbanización. Desde la perspectiva del análisis económico, el ruido por tráfico vehicular se considera una externalidad negativa ya que se deriva de una actividad económica que afecta el bienestar de otros, sin que medie compensación alguna.

Ahora, los cambios en los niveles de ruido generan efectos económicos significativos que son percibidos por la sociedad de dos formas: 1. El deterioro de la salud de la población (Bluhm, Nordling y Berglind., 2004, OMS, 1999) y 2. La influencia negativa en el precio de mercado de los bienes inmuebles (Wilhelmsson, 2000; Clark, 2006 y Marmolejo, 2008).

En primer lugar, el ruido puede causar patologías en quienes están expuestos durante un largo periodo de tiempo a una fuente de emisión cercana (Ortega y Cardona, 2005). La OMS (1999) describe diferentes efectos sobre la salud de las personas, a saber: deficiencias auditivas, interferencia en la comunicación oral, trastornos del sueño y del reposo, efectos sobre la salud mental y efectos sobre el comportamiento psicofisiológico.

Con respecto a la deficiencia auditiva, ésta se considera como una disminución de la sensibilidad auditiva ocasionalmente acompañada a un zumbido en los oídos, presente a exposiciones superiores a 75dB(A) durante un tiempo estimado de 8 horas al día. La disminución de la comunicación oral (conversaciones entre personas) se afecta con interferencias sonoras superiores a los 50 dB(A), ya que una conversación normal puede establecerse con interferencia de sonidos que estén entre los 35 y 50 dB(A); la sensación de molestia en las horas de descanso causa efectos fisiológicos y mentales, ya que dormir es necesario para el normal funcionamiento del cuerpo humano.

La interrupción del sueño y del descanso a causa de la exposición al ruido se manifiesta de manera directa al día siguiente al disminuirse la concentración, aumentando la fatiga y disminuyendo el rendimiento. Los efectos fisiológicos son más evidentes en las personas que viven cerca de vías ruidosas y están expuestos a altos niveles de ruido desarrollar patologías como hipertensión, cardiopatía y diferentes afecciones cardiovasculares asociadas con la exposición a altos niveles de ruido (OMS, 1999). Además, la exposición al ruido se vincula con reacciones agresivas no habituales y comportamientos inadecuados ya que la generación de molestia en el oyente, aunque conlleve efectos sutiles, puede ocasionar cambios paulatinos en el estado de ánimo y su comportamiento, a tal medida que a niveles de 80dB(A), es posible observar reducciones de los comportamientos de corte cooperativo e incrementos en la agresividad (Maqueda et al, 2010).

Con relación a los efectos económicos generados por el ruido diversos autores plantean que tales efectos recaen de forma directa sobre el precio de las viviendas y, por tanto, plantean que existe una relación inversa entre el precio de las mismas y el incremento de los niveles de ruido (Bellinger, 2006, Poon, 1978, Uyeno, Hamilton y Biggs, 1993, Brandt, Wilhelmsson, 2009, Bateman et al, 2001 y Maenning, 2011). Bellinger (2006) establece una correlación entre los niveles de ruido y la disminución de los precios de las viviendas ubicadas en partes cercanas a la fuente emisora y determina la existencia de un grado de correlación entre los niveles de molestia y la decisión de los de los habitantes de las zonas expuestas, por evitar este ruido.

Por su parte, Uyeno, Hamilton y Biggs (1993) estimaron el impacto del ruido generado por fuentes móviles sobre diferentes tipos de propiedades. Así, encontraron que el incremento en un decibel en los niveles de ruido tiene un efecto negativo del 0,65%, 0,90% y 0,16%, en el precio de las viviendas unifamiliares, condominios y terrenos baldíos respectivamente. Del mismo modo, Brandt y Maenning (2011) estudiaron la influencia del ruido por tráfico vehicular sobre precio de los condominios en Hamburgo, Alemania. Los resultados de estos autores muestran que incrementos de un decibel en los niveles de ruido conducen a disminuciones de 0,23% en los precios de los condominios.

En conclusión, es claro que la exposición continuada, durante largos periodos de tiempo, a elevados niveles de ruido conlleva una disminución de la calidad de vida de los individuos que lo sufren. El primer efecto inmediato es la interferencia de sus labores cotidianas generando lo que se conoce como molestia. Así se define el ruido como la dosis y la molestia como el efecto. La molestia por ruido es un problema complejo por cuanto depende de singularidades y características particulares de cada individuo. No obstante, en la búsqueda de implementar acciones que busquen mitigar los niveles de ruido de las ciudades un primer paso es realizar estudios cuyo objetivo sea conocer la respuesta de las personas, en términos de molestia, frente a los diferentes niveles de ruido a los que están expuestos.

Por otra parte, existen varios enfoques de medición para evaluar el efecto que el ruido por las diferentes fuentes móviles y fijas produce sobre las personas. El primer enfoque es la encuesta socio acústica que tiene por objetivo capturar información de molestia de los individuos que residen en una zona y correlacionarlo con las mediciones de ruido realizadas en la misma zona. El segundo enfoque está asociado a los trabajos de síntesis los cuales, a partir de información secundaria de los niveles de ruido, de la población afectada y de indicadores de percepción, construyen funciones llamadas dosis-efecto. El tercer enfoque es el experimental, donde se exponen a los individuos a diferentes decibeles de ruido y se evalúa la molestia. El cuarto enfoque corresponde a técnicas utilizadas para asociar el ruido con patologías psicológicas. Finalmente, se encuentra el enfoque teórico que constituye un análisis estadístico de datos que relaciona la exposición al ruido con la presencia de la molestia y que permite explicar la variabilidad que puede darse en la función dosis-efecto.

Al revisar estos enfoques, se considera que el enfoque de la encuesta socio acústica es más adecuado, según las necesidades de información y de resultados que exige la evaluación económica del ruido por tráfico vehicular para toma de decisiones de política pública, pues permite vincular la función dosis- respuesta entre ruido y molestia con la disposición a pagar que pueden declarar los individuos por reducir los niveles de ruido por tráfico vehicular (Correa y Osorio, 2015).

2.1. El ruido por tráfico vehicular en la ciudad de Medellín (Colombia)

Actualmente, la Ciudad presenta niveles promedio de ruido de 72 decibeles diurnos y 68 decibeles nocturnos, los cuales sobrepasan la norma nacional de 65 dB diurnos y 55 dB nocturnos (AMVA, 2011)¹. Dicho problema ambiental se traduce en costes económicos y sociales asociados al efecto que tiene el ruido sobre la salud y la tranquilidad de los individuos y costes económicos por la pérdida de valor de las propiedades residenciales que están altamente expuestas a dicha externalidad negativa.

Entre las diferentes fuentes de ruido fijas y móviles que ocasionan el problema en la ciudad varios estudios han identificado que el ruido por tráfico vehicular es la principal fuente de ruido, y dentro de ésta el ruido por el frenado y el arranque de los automóviles se encuentran como los principales contribuyentes (Echeverri (2009); Echeverri, Murillo, Valencia (2011); Ortega y Cardona (2005); Vélez y Espinosa (2008); Yepes *et al* (2009); AMVA (2008)). En Medellín entre los años 2008 y 2010 el parque automotor se incrementó en un 9,3% anual (STTM, 2011) y con ello se generó un incremento en los niveles de ruido generados por ésta fuente móvil.

En el análisis de los mapas de ruido de la ciudad de Medellín (AMVA, 2011) se han evaluado variables como el uso de suelos de las diferentes zonas, la malla vial y los niveles de ruido promedio, para las jornadas diurna y nocturna. Del mismo modo, se han revisado las zonas que incumplen con los umbrales de emisión de ruido definidos en la legislación ambiental vigente. De acuerdo con este análisis se evidencia un incremento de los niveles de ruido para las zonas centro, sur y norte de la ciudad, las cuales se asocian a las fuentes de ruido más influyentes en los niveles de contaminación acústica de la ciudad como lo son las zonas comerciales y las zonas cercanas a la malla vial central de la ciudad. En particular, la zona centro de la ciudad presenta los mayores niveles de ruido, los cuales están vinculados con las actividades comerciales y con la confluencia de gran cantidad de rutas de transporte intermunicipal y urbano.

La ciudad de Medellín presenta gran cantidad de conflictos de suelo con respecto a los niveles de ruido establecidos en la norma ambiental sobre ruido y la asignación territorial de la ciudad. Si bien gran parte de la ciudad se define como zona residencial, está sometida a valores de ruido en la jornada diurna de 57dB(A),

1 El marco regulatorio del ruido para Colombia se fundamenta hoy en la Resolución 627 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (MADT), establecida en el 2006. Si bien la norma establece unos límites mínimos y máximos de emisión de ruido, ésta no instituye un instrumento de comando y control, ni tampoco un instrumento económico, para garantizar que no se sobrepasen los umbrales de emisión "ni mucho menos la reducción de los niveles". Por lo tanto, no representa una herramienta efectiva que garantice el debido control y vigilancia a los niveles de ruido y ruido ambiental

como valor mínimo, y de 82dB(A), como valor máximo de emisión (AMVA, 2011, p. 166). Mientras que para la jornada nocturna se presentan niveles mínimos de emisión de 42-45dB(A) en los puntos más bajos y 75-77dB(A) en los más altos (AMVA, 2011, p. 168). Se concluye que en las zonas urbanas en Medellín, particularmente las zonas de uso residencial, no se cumplen con las normas de emisiones de los niveles máximos de ruido establecidos por la resolución 627 de 2006, que son de 65dB(A) para la jornada diurna y 55dB(A) para la jornada nocturna, en uso de suelo de tipo residencial (AMVA, 2011, p. 167).

Hay que destacar que los resultados del análisis de las zonas críticas de ruido definidas en los mapas acústicos coinciden con los resultados de estudios como los desarrollados por Ortega y Cardona (2005) y Echeverri, Murillo y Valencia (2011) que, a partir del análisis de información secundaria y los procesos de medición y estimación de los niveles de ruido en la ciudad, plantean que dichos niveles de ruido exceden los niveles máximos de emisión dispuestos en la legislación en la mayor parte de las zonas urbanas de la ciudad de Medellín, excepto en los sitios denominados como sector C, los cuales comprenden zonas definidas como de usos industriales.

El problema que envuelve el ruido por tráfico vehicular en Medellín (Colombia) conduce a pérdidas de bienestar en la sociedad (Correa y Osorio, 2015). En este sentido, se debe considerar la percepción de la comunidad en torno a las molestias generadas con el objetivo de obtener información que permita tener claridad sobre los beneficios y costes sociales del desarrollo de las actividades económicas y, de esta manera, incluir la participación de la sociedad en los procesos de toma de decisiones que tienen repercusiones en la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, antes de evaluar y desarrollar una propuesta para la evaluación de la percepción de la molestia frente al ruido por tráfico vehicular es importante realizar una revisión analítica de los estudios sobre ruido en Medellín y el valle de Aburrá.

Revisión de estudios asociados al problema de ruido por tráfico vehicular en Medellín

Los estudios que abordan el problema del ruido en la ciudad de Medellín están estructurados en dos tipos: 1. Aquellos relacionados con la medición de los niveles de ruido (metodologías de medición y establecimiento de niveles de ruido emitidos) y 2. Los estudios que se vinculan con la gestión del ruido en la ciudad (vigilancia y control del ruido por tráfico vehicular, medidas implementadas en la mitigación del ruido y ruido vehicular, y elaboración de mapas acústicos). Desde ambos tipos de estudios se coincide en afirmar que el ruido causado por el tráfico vehicular es el que mayor participación tiene en el ruido generado en la Ciudad.

Los estudios enfocados en la medición de los niveles de ruido establecen varias metodologías para medir el ruido por tráfico vehicular. Algunos de ellos emplearon elementos de percepción de la población y otros recursos más técnicos.

Por ejemplo, Ortega y Cardona (2005) realizaron una encuesta estratificada en los barrios La Candelaria y Prado centro de la ciudad de Medellín, para determinar las fuentes de ruido y la molestia de la población causada por exposición al ruido. La encuesta fue diseñada para obtener información sobre la percepción de ruido en la zona, identificación de las fuentes que lo producen y la frecuencia con la cual se percibían las distintas fuentes de ruido.

Por su parte, Echeverri, Murillo y Valencia (2011) tienen como objetivo hacer un análisis comparativo de la calidad acústica en Medellín en las condiciones actuales y con la situación que resultaría de la reconfiguración de las rutas de transporte público. Seleccionaron zonas de estudio específicas de acuerdo con el flujo vehicular y la generación de intensidad del ruido con el fin de determinar rutas eficientes en cuanto a generación de ruido y recorrido. Este estudio generó una base de datos georeferenciados los cuales fueron definidos y descritos por información relativa a la inclinación del terreno, edificación y vías aledañas. Además, se estimó el nivel de ruido de acuerdo al flujo vehicular en las vías al porcentaje del tráfico pesado y a la velocidad promedio de desplazamiento de los vehículos. Una vez obtenidos los valores éstos se compararon con los niveles máximos de emisión establecidos en la resolución 627 de 2006².

De otro lado, Vélez y Espinosa (2008) establecieron mediciones de ruido en cinco etapas para algunas zonas de la ciudad. La primera etapa contempla el registro de las mediciones que superan los 70 dB (A); la segunda determina las zonas de conflicto respecto a la emisión del ruido; la tercera identifica las relaciones del entorno comunitario; la cuarta analiza un punto crítico de contaminación acústica en cada zona y además tiene en cuenta las variables más sensibles en relación a altos niveles de ruido; por último, la quinta etapa establece criterios de sostenibilidad en relación a los elementos del espacio público y amueblamiento urbano presentes en las zonas críticas de ruido.

El segundo tipo de trabajos está dirigido hacia la política de vigilancia y control de los niveles de ruido en la ciudad. En el caso de Echeverri (2009), el monitoreo cumple una función primordial en el momento de establecer los niveles de exposición al ruido que presenta una comunidad, una ciudad o una localidad. Para ejercerlo es necesario diseñar instrumentos que reflejen el comportamiento del ruido en la ciudad y así determinar el cumplimiento o no de la norma en ejercicio. En este sentido, este autor diseñó una metodología para la creación de una red de vigilancia de ruido para los municipios que conforman el área metropolitana teniendo en cuenta

2 La resolución 627 de 2006 es la legislación correspondiente a la regulación de los niveles de contaminación acústica de las ciudades. En ella se establecen los niveles máximos de ruido permitidos durante el día y noche en todo el país.

los mapas acústicos y el Plan de Ordenamiento territorial (POT) de cada uno de los municipios del Valle de Aburrá; determinando los puntos críticos de calidad acústica en las distintas zonas para lograr la idealización de un plan estratégico de control de los niveles de ruido.

Echeverri (2009) asume la importancia del proceso metodológico como fundamental en el logro de los objetivos de monitoreo y calidad de los datos en la medición y monitoreo del ruido ambiental. Este autor estableció la calidad acústica de los municipios de la zona para determinar las necesidades del control de contaminación por ruido y, por tanto, poder adoptar planes de acción con medidas correctivas y preventivas de seguimiento adecuadas. Luego evaluó la efectividad de las medidas aplicadas y verificó el cumplimiento de la legislación vigente. Por último, Echeverri (2009) resalta la importancia de informar a la comunidad del estado de la calidad acústica de la ciudad de Medellín y dar a conocer los efectos negativos que esta tiene sobre la salud humana y el ambiente.

Así mismo, Yepes *et al* (2009) hacen énfasis en el control de los niveles de exposición de decibeles pero destacan como elemento central la variabilidad espacio-temporal del ruido, es decir, plantean que la exposición a diferentes niveles de ruido, su molestia y perjuicio para los habitantes dependen del lugar y del momento en el cual se genere la presión sonora. Para su estudio Yepes *et al* (2008) utilizaron una metodología geoestadística basada en el método kriging ordinario puntual (lineal) y el kriging indicador (no lineal); estas técnicas sirven para evaluar puntos donde no hay información asumiendo la no variación en los datos y para evaluar datos en valores extremos respectivamente. También permiten evaluar datos de ruido donde las mediciones son imposibles de hacer.

Con respecto a la contaminación acústica los estudios marcan dos aspectos centrales: (1) El tráfico vehicular es una de las fuentes más significativas en generación del ruido y por lo tanto se exceden los límites permitidos en la legislación. (2) La carencia de vigilancia y control de las emisiones de ruido por parte de las autoridades ambientales. El primer aspecto es expuesto en el estudio de Ortega y Cardona (2005) quienes reportan altos niveles de molestia en las personas habitantes de zonas residenciales a causa de la exposición a los altos niveles de ruido generados, principalmente, por el tráfico vehicular y el pregoneo. Otros como Vélez y Espinosa (2008) sostienen que la identificación de estas fuentes es importante para acciones pertinentes en la reducción de los decibeles y definen al centro de la ciudad como el lugar de mayor generación de ruido por la presencia de las rutas de transporte público, las construcciones, el pregoneo, la actividad comercial, entre otras.

Por su parte, Echeverri, Murillo y Valencia (2011) evaluaron el rediseño de rutas de transporte para disminuir los niveles de ruido por tráfico vehicular. Los resultados del estudio arrojaron que se debe reestructurar el 50% de las rutas evaluadas y que teniendo en cuenta esta reestructuración sólo se generaría una reducción de

5dB(A); esto evidencia la gran influencia del tráfico vehicular en la generación de ruido y el causante en mayor medida de los excesos en los decibeles permitidos en la legislación. Otros estudios como AMVA (2008), Ortega (2005) y Vélez (2008) vinculan los altos niveles de ruido con el incremento del número de vehículos en el área urbana de Medellín y su área metropolitana. En cuanto al segundo aspecto -la vigilancia y el control de los niveles de ruido- Echeverri (2009) plantea, a través de un análisis comparado de la norma sobre los niveles de ruido y los usos del suelo en el POT, cuáles son los puntos críticos de emisión de ruido y elabora una estrategia para crear una red de vigilancia en el área metropolitana del valle de Aburrá donde se describen los puntos críticos de las principales fuentes de ruido y los niveles de emisión en decibeles, con el fin de ejercer la vigilancia prioritariamente en esos puntos y de esta forma impactar a los lugares con mayores emisiones.

A modo de conclusión se establece que los diferentes estudios sobre ruido en Medellín se han centrado en el establecimiento de información técnica que permita identificar el estado de la calidad acústica de la ciudad en un momento específico. Aunque esos estudios han alertado a las autoridades ambientales, y a la población en general, ellos no han generado el efecto suficiente para lograr que se implemente una gestión efectiva de este problema ambiental a través acciones que tengan como objetivo el control, la mitigación y la reducción de los niveles de ruido para la ciudad. En particular, la importancia de la relación ruido- molestia en el bienestar de la sociedad no ha sido reconocida por las entidades gubernamentales. En Colombia no se tienen antecedentes en torno a que los mapas de ruido, la simulación de ruido y las molestias percibidas por la población sean considerados en los procesos de planeación urbana o en los procesos de planeación de rutas de transporte “siendo estas últimas las más significativas en la generación de ruido en la ciudad” (Echeverri, Murillo y Valencia, 2011).

A continuación, se hará la descripción de la metodología utilizada para la estimación de la relación ruido-molestia de la población generada por los niveles de ruido por tráfico vehicular en las zonas residenciales de la ciudad de Medellín.

3. METODOLOGÍA

Para determinar la relación exposición-molestia se hizo un análisis socio-acústico a partir de los datos obtenidos con la realización de una encuesta que se aplicó en los barrios que componen la ciudad de Medellín. Esta encuesta contenía preguntas asociadas a la molestia ocasionada por el ruido asociado al tráfico vehicular que circula cerca de la residencia en la cual habitan las personas. La muestra para la aplicación del cuestionario se determinó mediante muestreo aleatorio simple teniendo en cuenta tres aspectos importantes: la red viaria, los usos del suelo y el

comportamiento del ruido en la Ciudad. Lo anterior con la finalidad de que la muestra fuera representativa entre los estratos socioeconómicos y entre los diversos niveles de exposición al ruido. En lo que sigue se explica de forma detallada la metodología utilizada para el estudio.

3.1. Zona de estudio y determinación de la muestra

Para establecer la estructura de la muestra y las zonas de estudio se utilizó información sobre la distribución espacial de las edificaciones en las zonas residenciales del Municipio de Medellín, mapas de ruido, la altura de edificaciones, de la malla vial, usos de suelo e información de estratificación socio-económica de la ciudad³. Estos datos permitieron identificar una serie de puntos de posible muestreo que comprenden edificaciones expuestas a niveles de ruido entre los 31 y 95 decibeles.

Con el objetivo de obtener la muestra se cruzaron tres tipos de cartografías: cartografía básica (red viaria, manzanas, construcciones y curvas de nivel), cartografía temática (usos del suelo) y modelación del ruido por zonas (norte, centro y sur). A partir de este cruce se seleccionaron las edificaciones para las zonas norte, centro y sur de la ciudad teniendo en cuenta los siguientes criterios: (1) Se identificaron y seleccionaron por “zonas” las edificaciones teniendo en cuenta el uso del suelo (zona residencial) y los barrios. (2) Se generaron puntos de muestreo de manera aleatoria con lo que se obtuvieron 18.000 puntos sobre el uso de suelo residencial, para la zona norte de la ciudad, ya que se considera como el área más grande y con mayor cantidad edificaciones. Por su parte, para la zona centro se identificaron 15.000 y para la zona sur 16.000 edificaciones. (3) A cada uno de los 49.000 puntos se le asignó el atributo de barrio y valor de dB(A), por medio de un proceso de intersección entre las capas de barrios, mapas de ruido semana diurna y nocturna y mapas de ruido domingo diurno y nocturno. (4).

Luego, se realizó una depuración de las edificaciones por el número de pisos, se eliminaron las que se definían bajo la categoría de 0 pisos. Así, se obtuvo una muestra preliminar de construcciones de 17.867, 14.815 y 15.477 registros en la zona residencial con atributos de niveles de ruido y barrios, para las zonas norte, centro y sur, respectivamente. Por último, para asignar la dirección a dichos registros se utilizó la capa “malla vial” y se realizó un proceso de asignación de códigos (Calle, Carrera o cruce) a la construcción, haciendo que la edificación tome el atributo de la vía que pasa más cerca de ésta.

Para la determinación de la muestra definitiva se utilizó la metodología de

3 Información brindada por el Área Metropolitana del valle de Aburra y la Subdirección Metro-información de la Alcaldía de Medellín (Colombia).

muestreo aleatorio simple. Se obtuvo para Medellín una muestra de 376 puntos para la zona norte, 374 puntos para la zona sur y 375 puntos para la zona centro, para una muestra total de 1.125 puntos de muestreo que corresponden a hogares pertenecientes a las diferentes zonas de la ciudad.

Posteriormente, se distribuyeron, estratificadas y de forma aleatoria, 1.200 encuestas entre los 48.159 puntos de muestreo distribuidos por toda la ciudad de Medellín. Para la identificación de los puntos de muestreo en los lugares específicos se empleó una serie de mapas que establecen la localización exacta de la edificación en la cual se aplica la encuesta⁴. A continuación, se presenta el diseño de la encuesta aplicada.

3.2. Procedimiento de la encuesta socio-acústica

El análisis socio-acústico parte de información recolectada por medio de una encuesta a los hogares en donde se realizan preguntas en torno a: contextualización al encuestado del estudio a realizar, tiempos de permanencia en el hogar y condición de salud de los integrantes del hogar, percepción ambiental e Información socioeconómica del encuestado (ver anexo 1).

De esta forma, la primera sección contiene información de la fecha de aplicación del cuestionario, tiempo total de diligenciamiento de la encuesta, nombre del encuestador y lugar de realización. Adicionalmente, contiene una corta introducción que presenta al encuestado el motivo de realización de la encuesta y permite identificar si la persona que es abordada por el encuestador percibe el ruido por tráfico vehicular.

La sección dos plantea una serie de preguntas dirigidas a identificar cuanto tiempo en promedio están expuestos los encuestados a las molestias generadas por el tráfico vehicular. Por su parte, las preguntas dispuestas en la tercera sección permiten caracterizar los problemas ambientales de la zona y determinar cuál es la posición del ruido dentro de lo que las comunidades consideran los problemas ambientales más importantes. Asimismo, se evalúa la percepción y molestia de las diferentes fuentes de ruido, entre las que se encuentra el generado por el tráfico vehicular.

Para calificar la molestia del ruido por tráfico vehicular y las demás fuentes evaluadas se emplea la escala de medición de molestia descrita en la guía internacional de investigación de molestia de ruido ISO (2003). Esta escala se considera como la más apropiada para capturar información de molestia por ruido en encuestas socio-

4 La aplicación de las encuestas se inició en el área sur de la ciudad, abarcando 30 barrios. Se siguió con la zona centro en la cual se encuestaron los puntos correspondientes a 27 barrios y se finalizó el proceso con la aplicación de los cuestionarios en la zona norte donde se evaluaron 35 barrios. Se aplicaron encuestas en un total de 92 barrios de la ciudad.

acústicas. También se presenta una introducción al problema del ruido por tráfico vehicular y se consultan las medidas que las personas encuestadas han tomado para reducir el impacto del ruido en sus hogares.

La cuarta sección contiene una serie de preguntas que caracterizan las condiciones socioeconómicas de la población objeto de estudio. Para finalizar, la sección quinta plantea dos preguntas de control sobre el entendimiento del cuestionario por parte del encuestado.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Descripción del modelo econométrico

Para el análisis del grado de molestia percibido por los habitantes de Medellín por exposición al ruido por tráfico vehicular se tuvo en cuenta una escala de molestia de 5 niveles: nada molesto, ligeramente molesto, moderadamente molesto, muy molesto y extremadamente molesto. A través de esta escala se estima la función exposición-respuesta entre el ruido y el nivel de molestia. Dicha función se utiliza para calcular la probabilidad de estar molesto (según la escala de molestia) según los decibeles de ruido a los que están expuestos los hogares.

Esta molestia, explicada en una escala ordenada de 5 niveles, es estimada econométricamente con modelos multinomiales ordenados, entre los que se encuentran los modelos probit y logit ordenados que utilizan como datos de control las características socioeconómicas, el entorno de la vivienda con relación a las fuentes de ruido y la forma en que el hogar es afectado por la exposición al ruido. Desde la literatura de los modelos multinomial ordenado, éste es, usualmente, presentado como un modelo de variable latente (Long y Freese, 2006). Al definir y^* como la variable latente, la estructura del modelo es:

$y_i^* = x_i\beta + \varepsilon_i(1)$, donde i es la observación y ε es el término error. Ahora, cómo y^* se divide en J categorías ordinales entonces,

$$y_i = m \text{ si } T_{m-1} < y_i^* < T_m \text{ para } m=1\dots J \quad (2)$$

Donde los puntos de corte T_1 hasta T_{j-1} son estimados. El modelo asume $T_0 = -\infty$ y $T_j = \infty$. La medida de interés para el análisis es la molestia establecida por el individuo, la cual se obtiene de la respuesta a la pregunta de calificación de la molestia por ruido por tráfico vehicular, cuyas respuestas posibles son: 1= Nada Molesto(nmolesto), 2= Ligeramente Molesto(lmolesto), 3= Moderadamente Molesto(momolesto), 4= Muy Molesto(mumolesto), 5=Extremadamente

Molesto(exmolesto). La variable latente continua se define como la propensión a estar molesto por el ruido por tráfico vehicular. Ahora, las respuestas categóricas ligadas a la variable latente para el modelo son:

$$y_i = \begin{cases} 1 = \text{nmolesto} & \text{si } T_0 = -\infty \leq y_i^* < T_1 \\ 2 = \text{lmolesto} & \text{si } T_1 \leq y_i^* < T_2 \\ 3 = \text{momolesto} & \text{si } T_2 \leq y_i^* < T_3 \\ 4 = \text{mumolesto} & \text{si } T_3 \leq y_i^* < T_4 \\ 5 = \text{exmolesto} & \text{si } T_4 \leq y_i^* < T_5 = \infty \end{cases} \quad (3)$$

De esta manera, cuando la variable latente y^* cruza un punto de corte (definido como *cut* en los modelos estimados), la categoría observada cambia. La probabilidad de un resultado observado dado un valor de x es el área bajo la curva entre un par de puntos de corte. Por ejemplo, la probabilidad de $y = m$ dados los valores de las x , corresponde a la región de la distribución donde y^* cae entre T_{m-1} y T_m , a saber:

$$\Pr(y = m|\mathbf{x}) = \Pr(T_{m-1} \leq y^* < T_m|\mathbf{x}) \quad (4)$$

Al sustituir por; y realizar operaciones algebraicas, se establece que la formula estándar para las probabilidades predichas en el modelo de regresión es:

$$\Pr(y = m|\mathbf{x}) = F(T_m - \mathbf{x}\beta) - F(T_{m-1} - \mathbf{x}\beta) \quad (5)$$

Donde F es la función de distribución de probabilidad para ε . En un modelo probit ordenado F es una normal con . Por su parte, en el modelo logit ordenado, F es una logística con . Para $y=1$, el segundo término a la derecha de la ecuación 5 se anula porque , y para $y=J$ el primer término es igual . Seguidamente, se presentan los resultados estimados para la función exposición respuesta.

Estimación y resultados de la función exposición-respuesta del ruido por tráfico vehicular

Utilizando un total de 1066 observaciones que resultaron validas de las encuestas realizadas en el año 2012 a hogares en la ciudad de Medellín, se estimaron variaciones al siguiente modelo de función exposición-respuesta de la molestia por ruido.

$$\Pr(\text{molestia} = m|\mathbf{x}_i) = F(T_m - \mathbf{x}\beta) - F(T_{m-1} - \mathbf{x}\beta) \quad (6)$$

Donde,

$$\begin{aligned} x\beta = & \beta_{dB}dB + \beta_{tv}tv + \beta_{hablar}Hablar + \beta_{leer}Leer + \beta_{dormir}Dormir + \beta_{edad} \\ & + \beta_{genero}Genero + \beta_{problema}Problema + \beta_{vivienda}Vivienda \\ & + \beta_{ncalle}ncalle + \beta_{estrato}Estrato + \beta_{vehiculos}Vehiculos \\ & + \beta_{menores}menores + \beta_{control}Control \end{aligned}$$

La variable dependiente de los modelos es la calificación de molestia por ruido por tráfico vehicular en el día durante la semana (*molestia*). Por su parte, las variables explicatorias son el ruido diurno en semana (*dB*), un conjunto de variables socio-económicas de edad (*edad*), género (*genero*), tipo de vivienda (*vivienda*), número de cuartos cercanos a la calle (*ncalle*), estrato socioeconómico (*estrato*), número de personas en el hogar menores de 10 años (*menores*), número de vehículos en el hogar (*vehículos*) y las variables categóricas de percepción y comportamiento sobre el problema ambiental que detallan si el hogar ha tomado medidas para mitigar el problema (*control*), si ha presentado problemas de salud asociados al ruido (*problema*) y si al hogar lo afecta el ruido por tráfico vehicular para ver (*tv*), para hablar (*hablar*), para leer (*leer*) y para dormir (*dormir*). La descripción de los datos empleados es presentada en el Cuadro 2.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los mejores modelos probit ordenados estimados con el software STATA 11⁵. En la primera línea de la tabla aparece la variable *decibeles de ruido* (*dB*) con una significancia del 5% y con el signo positivo esperado en todos los modelos. Además, se establece que el coeficiente de esta variable es relativamente estable a través de los 4 modelos presentados, es decir, la inclusión o no de variables socioeconómicas y de percepción del problema del ruido no afecta la magnitud y signo del coeficiente de esta variable.

El Modelo 1 incluye todas las variables independientes que inciden en la explicación de la molestia por ruido. Este modelo no presenta la mejor especificación y de las 15 variables incluidas 5 no son significativas. Mediante la aplicación de las pruebas estadísticas de especificación del modelo (*linktest* en Stata 11) y del criterio de información Akaike (*AIC*), se determinó que el Modelo 2 es el de mejor especificación y significancia. La diferencia entre los Modelos 3 y 4 es que el primero incluye dentro de la variable dependiente la calificación de nada molesto, mientras que el segundo modelo no lo incluye.

5 Los cuatro modelos se estimaron económicamente por probit ordenado y logit ordenado. Los coeficientes estimados entre logit y probit presentan los mismos signos y difieren en magnitud por un factor cercano a 1.7. Se seleccionaron los modelos probit por presentar una mejor significancia estadística.

CUADRO 1
MODELOS ESTIMADOS PARA LA RELACIÓN EXPOSICIÓN-RESPUESTA
AL RUIDO

Variable	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	Coefficiente	Desv. Est						
Db	0.011**	0.005	0.011**	0.005	0.012**	0.005	0.011**	0.006
tv	0.0480***	0.080						
hablar	0.0285***	0.081	0.583***	0.074				
leer	0.326***	0.087						
dormir	0.446***	0.077						
edad	0.006	0.011						
edad2	-0.0001	0.000						
genero	0.056	0.072						
problema	0.301***	0.073	0.461***	0.07				
vivienda	0.251**	0.108						
ncalle	0.104***	0.037	0.142***	0.036				
estrato	0.097***	0.032	0.068**	0.03				
vehículos	-0.054	0.039						
menores	-0.014	0.044						
control	0.353***	0.139	0.602***	0.133				
/cut1	0.771	0.409	0.215	0.299	-0.386	0.287	-0.267	0.313
/cut2	1.459	0.41	0.856	0.299	0.178	0.287	0.717	0.314
/cut3	2.414	0.413	1.744	0.302	0.96	0.288	1.450	0.316
/cut4	3.222	0.416	2.504	0.305	1.633	0.29		
Número de observaciones	1065		1065		1066		913	
Pseudo R2	0.1084		0.072		0.0017		0.0015	
Log Likelihood	-1492.996		-1554.0179		-1672.92		-1235.4153	

Nota: Las estimaciones se realizaron en el programa STATA 11, los * representan el p-value: * p≤0,10; ** p≤0,05; *** p≤0,01.

Fuente: Elaboración propia

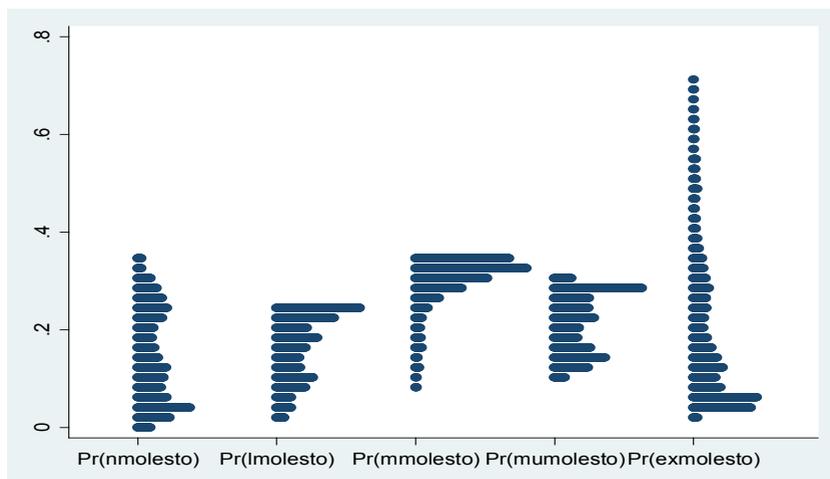
Los resultados del Modelo 2 demuestran que la molestia generada por el ruido por tráfico vehicular puede ser explicada significativamente por los decibeles de ruido a los que está expuesto el hogar y por variables vinculadas al efecto que tiene la molestia por el ruido sobre las personas y por la variable socioeconómica *estrato de la vivienda*, que tuvo mejor significancia y comportamiento, a través de los modelos estimados, que la variable que representa el ingreso del hogar. En el modelo 2 todas las variables son significativas y presentan una relación positiva con la probabilidad de molestia por ruido⁶. De las seis variables explicativas cuatro presentaron significancia al 1 %: la variable dummy que mide si el ruido genera problemas para tener una conversación dentro de la vivienda (hablar), si el hogar le atribuye al ruido algún problema de salud de uno de sus integrantes (problem), el número de habitaciones contiguas a una calle con tráfico vehicular (ncalle) y si el hogar ha tomado medidas para mitigar el ruido por tráfico vehicular (control). Las dos variables restantes que presentaron significancia estadística al 5% son decibeles de ruido (dB) y el estrato socioeconómico de la vivienda (estrato).

Se resalta que la variable que brinda información del nivel económico (ingresos) del hogar sea significativa y positiva, lo cual señala que a mayor estrato socioeconómico es mayor la sensibilidad del hogar a sentir molestia en las categorías de muy molesto y extremadamente molesto por el problema ambiental del ruido (Ver tabla 4 en el anexo 2).

Las probabilidades predichas de cada nivel de molestia, a partir del modelo 2, están cercanas a 0.4 y en el caso de la calificación extremadamente molesto (Pr(exmolesto)) es mayor que 0.6 (ver la Figura 1). Este resultado significa que hay una alta probabilidad en los hogares de percibir molestias por el ruido por tráfico vehicular y la categoría más probable es la de extremadamente molesto. Al combinar estas probabilidades con los decibeles de ruido (ver Figura 2), la probabilidad de que el ruido por tráfico vehicular sea calificado de moderadamente molesto por los hogares tiene el valor más alto y es estable a medida que aumentan los decibeles de ruido ya que la probabilidad de que el ruido se considere moderadamente molesto es similar en 35 dB(A) que en 78 dB(A).

6 Este resultado contrasta con el estudio de Bjorner (2004) donde los variables socioeconómicas fueron significativas todas en niveles por debajo del 5% y en donde sólo variable *Edad* fue significativa a un nivel del 1%.

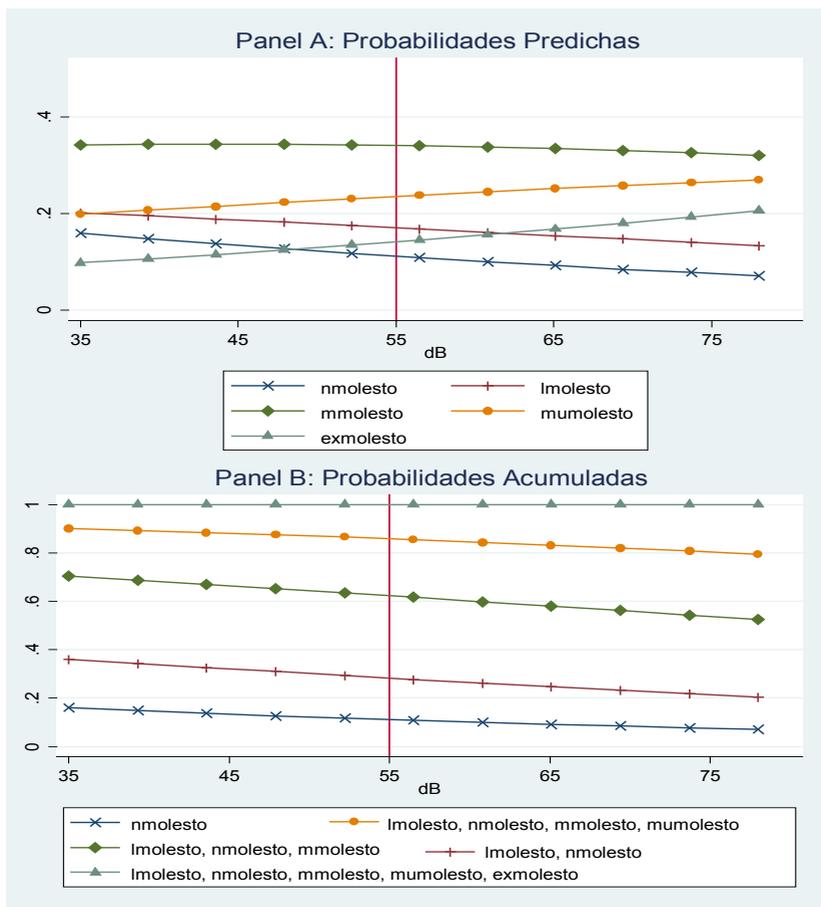
FIGURA 1
PROBABILIDADES DE MOLESTIA ESTIMADAS CON EL MODELO 2.



Fuente: Elaboración propia

De otro lado, las probabilidades de nada molesto y ligeramente molesto se reducen a medida que aumenta la exposición al ruido, mientras que las probabilidades de calificar en muy molesto y extremadamente molesto van aumentando. Lo anterior corresponde a un comportamiento esperado ya que a mayores decibelios es más probable que los hogares califiquen la molestia por ruido con un grado alto de molestia. Lo anterior permite concluir que la molestia por ruido por tráfico vehicular es alta y es más probable que se dé en las categorías de molestia superiores a moderadamente molesto. Al evaluar las pendientes de las curvas de probabilidad y el comportamiento de las probabilidades acumuladas, se aprecia que la tasa a la cual disminuyen las probabilidades de las calificaciones nada molesto y ligeramente molesto es menor que la tasa a la cual aumenta el extremadamente molesto, lo cual da como resultado que las probabilidades acumuladas tengan pendiente negativa. Esto implica que sigue siendo muy probable que se califique con baja molestia los niveles altos de ruido, pero es más probable una calificación mayor o igual al moderadamente molesto. Otro aspecto a resaltar es que a pesar del aumento de la probabilidad de calificar extremadamente molesto al ruido por tráfico vehicular dicha probabilidad siempre está por debajo de la probabilidad de la calificación muy molesto. Sin embargo, debe aclararse que los individuos encuestados localizados en sitios con niveles altos de exposición más ruido fueron relativamente pocos con respecto al total de los encuestados (sólo 6 individuos encuestados entre el rango

FIGURA 2
PROBABILIDADES DE MOLESTIA POR DECIBELES DE RUIDO A PARTIR
DEL MODELO 2



Fuente: Elaboración propia

70- 75 dB), por lo que es menos probable encontrar población que califique como extremadamente molesta la percepción frente al ruido por tráfico vehicular.

Una explicación a lo anterior es que Medellín es una ciudad donde sólo de forma reciente ha surgido una preocupación por el ruido como un problema ambiental importante para la población y, en consecuencia, para las autoridades ambientales. La falta de medidas de mitigación efectivas sobre el ruido por tráfico vehicular en la Ciudad ha llevado a una actitud pasiva del individuo y de las mismas autoridades gubernamentales, donde ambos consideran el ruido como un problema con el cual se debe aprender a convivir ya que lo contemplan como una consecuencia lógica de la mayor actividad económica y de la mayor dinámica de la ciudad. Por lo tanto, se afirma que el individuo ha desarrollado un grado mayor de tolerancia frente a la contaminación acústica que la que puedan tener personas de otras ciudades de países europeos como Dinamarca, Suiza, Reino Unido, Noruega, Suecia, Francia, Alemania y España, donde los bajos niveles de ruido son altamente valorados por los individuos (Bjorner, 2004). No obstante, no es irrelevante una probabilidad estimada de 30% de que un individuo perciba molestias del ruido por tráfico vehicular, pues esto implica que una de cada tres personas en la ciudad de Medellín percibe molestia frente a los niveles de ruido a los que está expuesto.

Aunque el modelo 2 brinda la mejor estimación de las probabilidades, en la evaluación de cualquier proyecto de reducción de ruido (y en donde se quiera hacer análisis costo-beneficio a partir de la percepción de molestia) se pueden presentar dificultades para incluir la información de las variables independientes que son diferentes a la variable niveles de emisión de ruido ya que es posible que el tomador de decisiones no tenga disponible la información de la distribución de las variables calle, problema, hablar, estrato y control de los hogares afectados. Por lo tanto, las probabilidades también han sido estimadas con los modelos donde se tiene como única variable independiente los decibeles de ruido (modelos 3 y 4 de la tabla 1).

Los modelos 1 y 3 se diferencian del modelo 2 en dos puntos principales: 1. Las probabilidades estimadas de moderadamente molesto disminuyen con una mayor pendiente para altos decibeles de ruido (es decir, disminuyen más rápido) y, 2. La probabilidad estimada de la calificación extremadamente molesto logra igualar la probabilidad de muy molesto alrededor de niveles de ruido de 78 dB(A), mientras que en el modelo 2 esta probabilidad estaba siempre por debajo. Este resultado implica que al encontrarse significancia estadística dentro del modelo 3, las variables no acústicas son un elemento importante para explicar el grado de tolerancia de la población de Medellín frente a los niveles crecientes de ruido por tráfico vehicular.

En particular, los resultados del estudio permiten establecer que las variables socioeconómicas son importantes para explicar la intensidad de molestia generada por las emisiones por ruido por tráfico vehicular. En particular, el estrato socioeconómico (variable que da cuenta de la situación económica y de calidad de vida de

los hogares), la presencia de niños en el hogar y las actividades cotidianas en el hogar (leer, conversar, dormir, ver televisión y problema de salud) son significativas para explicar la molestia de los encuestados frente a los niveles de ruido a los que están expuestos. Lo anterior contrasta con los resultados encontrados en estudios anteriores realizados también bajo el enfoque de encuestas socio acústicas para estimar la relación ruido molestia (Bjorner (2004), Barreiro *et al.* (2005), Máca (2010) y Soguel (2000), donde las variables socioeconómicas como el ingreso, dormir y la presencia de niños en el hogar obtuvieron niveles de significancia por debajo del 5%. Mientras que en este estudio todas estas variables socioeconómicas fueron significativas a un nivel del 1%. Sólo la variable edad no fue significativa en este estudio, en contraste con otras investigaciones encontradas en la literatura donde su significancia estaba a niveles del 1%

Por tanto, la amplia distribución de respuestas en las diferentes calificaciones de molestia depende de las características subjetivas de los individuos. Lo anterior es un punto referencia fundamental para implementar programas o proyectos cuyo objetivo sea la reducción de ruido por tráfico vehicular a través del establecimiento de superficies asfálticas reductoras de ruido. Si bien se debe buscar reducir los niveles de ruido en toda la ciudad las autoridades ambientales deben priorizar la ejecución de este tipo proyectos donde los grupos poblacionales declaren mayores molestias y no necesariamente donde haya mayores niveles de exposición al ruido, pues los individuos estarán dispuestos a pagar por el establecimiento de este tipo de soluciones para mitigar el ruido por tráfico vehicular sólo en la medida que ellos perciban molestias. Se lograría así una mayor efectividad de las acciones desarrolladas para mejorar la calidad acústica de la Ciudad.

5. CONCLUSIONES

En el contexto de la calidad de la ciudad de Medellín (Colombia) se plantea que el rápido crecimiento del tráfico vehicular ha generado un aumento en los decibeles emitidos de ruido. Esta situación se traduce en costes económicos y sociales asociados al efecto que tiene el ruido sobre la salud y la tranquilidad de los individuos, además de costes económicos por la pérdida de valor de las propiedades residenciales que están altamente expuestas a dicha externalidad negativa.

Se evidencia la necesidad de incorporar las variables socioeconómicas en investigaciones que tengan como objetivo central estimar la relación ruido molestia en el entorno regional y mundial, en particular en países de mediano ingreso como Colombia. Tal inclusión es relevante para abordar el análisis de los impactos del ruido sobre la población a partir de una visión integral de lo que considera calidad de vida y no sólo desde una perspectiva económica asociada niveles de ingreso y valores de propiedad.

Dado los resultados encontrados en este estudio, las variables socioeconómicas pueden ser un elemento importante para explicar el diverso grado de tolerancia de la población de Medellín frente a los niveles crecientes de ruido por tráfico vehicular. La amplia distribución de respuestas en las diferentes calificaciones de molestia depende de las características subjetivas de los individuos. Esto es un punto de referencia fundamental para implementar programas o proyectos cuyo objetivo sea la reducción de ruido por tráfico vehicular. Si bien se debe buscar reducir los niveles de ruido en toda la ciudad, las autoridades ambientales deben priorizar la ejecución de este tipo proyectos donde los grupos poblacionales declaren mayores molestias y no necesariamente donde haya mayores niveles de exposición al ruido, pues los individuos estarán dispuestos a pagar por el establecimiento de proyectos que busquen mitigar el ruido por tráfico vehicular solo en la medida que ellos perciban molestias. Si las autoridades de las ciudades actúan en respuesta a estos comportamientos se lograría una mayor efectividad de las acciones desarrolladas para mejorar la calidad acústica de la ciudad.

Se recomienda implementar programas de monitoreo y vigilancia del ruido por tráfico vehicular que faciliten construir los mapas de ruido de esta fuente, mejorar la identificación y el establecimiento de las áreas críticas de ruido y contar con información para analizar su evolución. Esto permitirá evaluar la efectividad de los programas y proyectos en torno a la reducción del ruido vehicular que se implementen a futuro en la ciudad ya que dicha base de datos es importante para estimar adecuadamente los beneficios o costes económicos asociado con los programas y proyectos de reducción del ruido por tráfico vehicular que se emprendan en las ciudades.

Por último, se propone que las ciudades en crecimiento construyan mapas acústicos a partir de una encuesta socio acústica que se actualice de forma anual. Esta información sería útil como fundamento de campañas, lideradas por las autoridades ambientales para que los concejos municipales establezcan una norma que permita aceptar los estudios de percepción de molestia como estudios de relaciones dosis-efecto, invocando el principio de precaución, dada la dificultad y el costo de establecer el efecto del ruido sobre la salud.

BIBLIOGRAFÍA

- AMVA (2011), Actualización de los mapas de ruido de la zona urbana de los municipios de Bello, Itagüí y Medellín del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Actualización del mapa de ruido de la zona urbana del Municipio de Medellín). Contrato CM 540 del 03 de noviembre de 2010. Subdirección ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- BARREIRO, J.; SÁNCHEZ, M. y VILADRICH-GRAU, M. (2005). How much are people willing to pay for silence? A contingent valuation study. *Applied Economics*, 11, 1233-1246.
- BATEMAN, I.; DAY, B., LOVETT, A. y LAKE, I. (2000): Assigning a Monetary value to noise reduction benefits: an example from the UK. *Center for Social and Economic Research on the Global Environment University of Est Anglia and University College*, London.
- BELLINGER, W. (2006): "The Economic Valuation of Train Horn Noise: A US Case Study", *Transport and Environment*, 11, 310-314.
- BJORNER, T. (2004), "Combining socio-acoustic and contingent valuation surveys to value noise reduction", *Transportation Research Part D*, 9 (5), 341-356.
- BLUHM, G., NORDLING E. y BERGLIND, N. (2004): "Road traffic noise and annoyance – An increasing Environmental Health problem", *Noise & Health*, 6 (24), 43-49.
- BRANDT, S. y MAENNING, W. (2011): "Road noise exposure and residential property price: evidence of Hamburg", *Transportation Research part D.*, 16 (1), 23-30.
- CLARK, D. (2006): "Externality Effects of Residential Property Values: The Example of Noise Disamenities", *Growth and Change*, 37, 460-488.
- CORREA, F. y OSORIO, J. (2015): *Valoración económica de la reducción de ruido*, Medellín, Sello Editorial Universidad de Medellín.
- ECHEVERRI, C. (2009): "Diseño de la red de vigilancia de ruido para los municipios que conforman el área metropolitana del valle de Aburrá", *Revistas de Ingenierías*, 8 (14), 22-38.
- ECHEVERRI, C., MURILLO, D. y VALENCIA, G. (2011): "Simulación del ruido de tránsito automotor como herramienta para el rediseño de rutas de transporte público colectivo en el municipio de Medellín", *Revista Ingenierías*, 10 (18), 19-30.
- ISO (2003). Assessment of noise annoyance by means of social and socioacoustic surveys. ISO Technical Standard 15666: 2003. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. disponible en http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=28630.
- KRAUSS, R. (2003): *Metodología para la evaluación del ruido por tráfico vehicular en zonas urbanas: aplicación para la comuna de Santiago* (Tesis de maestría publicada). Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- LONG, J. y FRIESE, J. (2006): *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables Using Stata*, Second Edition, College Station, Texas, Stata Press.
- MÁCA, V. y URBAN, J. (2010) Transportation noise annoyance: a willingness-to-accept. Scenario, working paper. Disponible en http://www.webmeets.com/files/papers/WCERE/2010/1573/Noise_Annoyance_WTA.pdf.
- MAQUEDA, J., ORDAZ, E., CORTÉZ, R., GAMO, M., BERMEJO, E., SILVA M. y ASUNSOLO del BARCO, A. (2010). Efectos extra-auditivos del ruido, salud, calidad de vida y rendimiento en el trabajo; actuación en vigilancia de la salud. Escuela Nacional de Medicina del Trabajo. Instituto de Salud Carlos III. Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid, disponible en http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-publicaciones-isciii/fd-documentos/Efectos_extra_auditivos_del_ruido.pdf.
- MARMOLEJO, C. (2008): "La incidencia de la percepción del ruido ambiental sobre la formación espacial de los valores residenciales: un análisis para Barcelona", *Revista de la Construcción*, 7 (1), 4-19.
- MARTÍNEZ, A. (2005): "Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica", *Revista de Economía y Administración*, 2 (1), 1-49.
- OMS - Organización Mundial de la Salud (1999). *Guidelines for Community Noise*, Ginebra.
- ORTEGA, M. y CARDONA, J. (2005): "Metodología para evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín", *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, 23 (2), 70-77.
- POON, L., (1978): "Railway Externalities and Residential Property Prices", *Land Economics*, 52 (2), 218-227.
- Secretaría de Tránsito y Transporte de Medellín - STTM (2011): Datos de recimiento parque automotor en el área

- metropolitana del valle de Aburra, disponible en http://alcaldia.medellin.gov.co/transito/archivos/linea_base/historicos/vehiculos_circulantes_area_metropolitana.pdf.
- SOGUEL, N., (2000). Measuring benefits from traffic noise using a contingent market. CSERGE Working Paper GEC 94-03. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment.
- UYENO, D.; HAMILTON, S. y BIGGS, A. (1993). "Density of residential land use and the impact of aircraft noise", *Journal of Transport Economics and Policy*, 28, 1, 3-18.
- VÉLEZ, L. y ESPINOSA, G. (2008): Afectación de la contaminación por ruido en el desarrollo urbano. Instituto tecnológico metropolitano (ITM) VII Seminario Nacional de investigación Urbano-regional, Medellín Colombia, disponible en <http://institutoestudiosurbanos.info/descargadocs/eventos/seminarios-de-investigacion-urbano-regional-aciur/memorias-vii-seminario-aciur-2008/mesa-11/218-afectacion-de-la-contaminacion-por-ruido-en-el-desarrollo-urbano/file>.
- WILHELMSSON, M. (2000): "The impact of traffic noise on the values of single-family houses" *Journal of Environmental Planning and Management*, 43 (6), 779-815.
- YEPES, D., GÓMEZ, M., SÁNCHEZ, L. y JARAMILLO, A. (2009): "Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano: Caso Medellín", *Revista Dyna*, 158, 29-40.
- ZULUAGA, C. (2009). *Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia, caso de estudio: municipio de Envigado*. (Tesis de grado de maestría), Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2027/1/32106032.2009.pdf>.

ANEXO 1

Encuesta de Valoración Económica																																				
A. Datos de control																																				
Nombre del encuestador:		Nro. Enc:	Barrio:																																	
Fecha de realización:			Hora inicio:	aaa mes día																																
Dirección:			Hora final:	aaa mes día																																
Introducción																																				
<p>Buenos días, mi nombre es _____ y hago parte de un grupo de personas que se encuentran desarrollando un estudio liderado por la Universidad de Medellín relacionado con la percepción que tienen las personas del ruido en la Ciudad, especialmente del ruido generado por el tráfico vehicular. Por dicha razón, nos interesa obtener información sobre su percepción del ruido y la molestia generada por la exposición a éste. La información que usted nos suministre es de gran importancia, para los resultados de la investigación serán utilizados para tomar decisiones en el futuro sobre las medidas de reducción de ruido para la Ciudad.</p> <p>Como le mencioné anteriormente, el cuestionario hará énfasis en el ruido por tráfico vehicular. Por esta razón, me gustaría saber si usted actualmente percibe ruido asociado al tráfico vehicular, cuando se encuentra en su hogar?</p> <p><i>Recuerde que la información suministrada es estrictamente confidencial, solo será usada con fines académicos.</i></p>																																				
B. Preguntas generales																																				
<p>1. ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en esta casa?</p> <p>Meses <input type="text"/> Años <input type="text"/></p>																																				
<p>2. Aproximadamente ¿cuánto tiempo permanece al día en su casa?</p> <p>En semanas <input type="text"/> Horas <input type="text"/></p> <p>Fin de semana <input type="text"/></p>																																				
<p>3. ¿Actualmente, hay personas en su hogar que no</p> <p>Si <input type="checkbox"/> ¿Cuántos? _____</p> <p>No <input type="checkbox"/></p>																																				
<p>4. La vivienda ocupada por este hogar es</p> <p>Propia <input type="checkbox"/></p> <p>Arrendada <input type="checkbox"/></p>																																				
C. Percepción ambiental																																				
<p>5. ¿Cuáles considera usted, son los principales problemas ambientales de su barrio? Adicionalmente, califique de 1 a 5 su nivel de importancia.</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">X</th> <th style="text-align: center;">CL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Bosque</td> <td style="width: 40px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 40px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2 Ruido</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3 Contaminación del aire</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4 Problemas de aguas negras</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5 Otros problemas ¿cuáles?</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>						X	CL	1 Bosque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 Ruido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 Contaminación del aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4 Problemas de aguas negras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 Otros problemas ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
	X	CL																																		
1 Bosque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
2 Ruido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
3 Contaminación del aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
4 Problemas de aguas negras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
5 Otros problemas ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
<p>6. De las siguientes fuentes de ruido, indique cuáles percibe cuando se encuentra en su hogar y califique de 1 a 5 qué tan molesto es para usted el ruido generado por éstas. (Presionar tabla de calificación según grado de molestia)</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Si</th> <th style="text-align: center;">No</th> <th style="text-align: center;">Cl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Tráfico vehicular</td> <td style="width: 40px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 40px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 40px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2 Gente en la calle</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3 Vecinos</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4 Establecimientos comerciales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5 Fábricas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>6 Construcciones en la zona</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>7 Otro ¿cuál? _____</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Califique (Cl)</p> <p><i>Si el encuestado no percibe molestia relacionada con las fuentes mencionadas responde No, o califica con 1 a nada la molestia, pasa a la pregunta 7. Caso contrario, continúe con la introducción al problema ambiental y la pregunta 6.</i></p> <p>7. ¿Por qué no le molesta el ruido generado por las diferentes fuentes mencionadas?</p> <p><i>Presentar la introducción al problema ambiental y pasar a la pregunta de valoración económica.</i></p>						Si	No	Cl	1 Tráfico vehicular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 Gente en la calle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 Vecinos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4 Establecimientos comerciales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 Fábricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6 Construcciones en la zona	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7 Otro ¿cuál? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Si	No	Cl																																	
1 Tráfico vehicular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
2 Gente en la calle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
3 Vecinos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
4 Establecimientos comerciales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
5 Fábricas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
6 Construcciones en la zona	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
7 Otro ¿cuál? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
Introducción problema ambiental																																				
<p>Por favor escuche la siguiente información y conteste las preguntas que se formulan a continuación.</p> <p>El aumento de los niveles de ruido en las áreas urbanas se considera un problema ambiental para las ciudades, principalmente en zonas revitalizadas. Actualmente, el incremento de estos niveles se asocia principalmente al aumento del tráfico vehicular. En este sentido, se desea conocer la importancia que para usted representan las diferentes fuentes que componen el ruido por tráfico vehicular.</p>																																				

8. A continuación le voy a mencionar diferentes tipos de ruido relacionados con el tráfico vehicular. Por favor califique de 1 a 5 qué tan molesto es para usted el ruido generado por las diferentes fuentes mencionadas. (Presentar tabla de calificación según grado de molestia) Marque todas las que apliquen.

1	Carros pesados (trucks, camión)	CI
2	Transporte público (bus, van, camioneta)	
3	Carros particulares	
4	Motocicletas	
5	Alarzas de los carros	
6	Piso de los vehículos	
7	Sirenas/ambulancias/otros	
8	Vehículos acelerando bruscamente	
9	Vehículos frenando bruscamente	
10	Freno de buses	
11	Otro tipo de ruido por tráfico	

¿Cuál? _____

Califique (CI)

9. Califique (CI) de 1 a 5 el nivel de molestia que le genera el ruido por tráfico vehicular, en los siguientes espacios. (Presentar tabla de calificación según grado de molestia)

1	En su vivienda	CI
2	En su trabajo	
3	En áreas exteriores	

10. Califique (CI) de 1 a 5 la molestia por tráfico vehicular en el día y en la noche. (Presentar tabla de calificación según grado)

	Semana	Fin de semana
1	Día	CI
2	Noche	

11. ¿Cuáles de sus actividades cotidianas se ven afectadas con el ruido por tráfico vehicular?

1	Ver televisión/ escuchar la radio	
2	Mantener una conversación (incluye conversación)	
3	Lectura, relajarse u otras actividades de descanso	
4	Concentración en el trabajo o el estudio	
5	Dormir	
6	Otras, cuáles?	
7	Ninguna de las anteriores	

12. ¿Durante los últimos 12 meses ha tomado alguna medida para disminuir el ruido que se percibe en su hogar?

Si → Continúa con la pregunta 13

No → Continúa con la sección D y con la pregunta de valoración.

13. ¿Qué medida utiliza en su hogar para reducir los niveles de ruido y, aproximadamente cuánto fue el monto invertido en esta medida?

1	Ins. de la vivienda	\$
2	Ins. de las habitaciones	\$
3	Ins. de doble ventana	\$
4	Tapetes para los pisos	\$
5	Reducir las habitaciones que se encuentran lindando con las vías	\$
6	Otras, ¿cuáles?	\$

Ins. Insonorización; Ins. Inestricción; Ins. Modificaciones en todo la vivienda (Muros y ventanas); Ins. Modificaciones solo en las habitaciones; Ins. Modificaciones en las tablas de las ventanas

D. Escenario de valoración

A parte de considerar el ruido por tráfico vehicular como un problema ambiental importante en la ciudad de Medellín. Se plantea la posibilidad de establecer medidas que busquen reducir el ruido en la ciudad. En este sentido, se prevé la implementación de un tipo de superficie, compuesta por un material absorbente (como acústico) instalado en las calles cercanas a donde usted vive. Esta superficie reduce el ruido generado por la aceleración y frenado de los vehículos que transitan por estas calles. La reducción de los niveles de ruido, se traduciría en reducciones de los niveles molestia que usted percibe a causa de la exposición al ruido por tráfico vehicular, permitiendo condiciones más adecuadas para desarrollar actividades cotidianas como dormir, ver televisión, sostener una conversación presencial o telefónica, leer, entre otras actividades. Es necesario aclarar que otras molestias relacionadas con el tráfico vehicular como: contaminación del aire, seguridad, accidentalidad, entre otras, no se verán reducidas con la implementación del proyecto de establecimiento de superficie absorbente.

Tenga en cuenta que la construcción de la superficie absorbente es más costosa que la que actualmente tienen las calles cercanas al lugar en el que usted vive. Por tal motivo, parte de los costos de establecimiento y mantenimiento de la nueva superficie tendría que ser pagados por los hogares beneficiarios de la reducción de ruido.

El aporte de los beneficiarios para la implementación y mantenimiento de la superficie, será recolectada por medio de la factura de impuesto predial. El dinero recolectado será utilizado para cubrir el costo adicional generado para poder reducir las molestias del ruido en su calle.

Tenga en cuenta que asumir este costo disminuirá la cantidad de dinero que usted posee para adquirir diferentes bienes y servicios que consume en la actualidad.

E. Pregunta de valoración

Ya que no se conoce el costo exacto de remover la molestia por ruido y, por tanto, la contribución exacta por hogar para llevar a cabo la implementación y mantenimiento de la superficie absorbente de ruido. Se le preguntará si definitivamente pagaría, posiblemente pagaría, si no sabe, si posiblemente no pagaría o definitivamente no pagaría los siguientes valores trimestrales para la implementación y mantenimiento de la superficie ya mencionada.

14. ¿Esta usted dispuesto a pagar \$6000 pesos trimestrales para reducir de manera permanente la molestia generada por el ruido?

(Preguntar todas las valores que presente la tabla, por favor marcar con X cada uno de las opciones)

	D.S	P.S	N.S	P.N	D.N
1 6000					
2 7500					
3 9000					
4 10500					
5 12000					
6 13500					
7 15000					
8 16500					
9 18000					
10 19500					
11 21000					

Definitivamente si (D.S), Probablemente si (P.S), No sabe (N.S), Probablemente no (P.N), Definitivamente no (D.N)

15. ¿Cuál sería la máxima cantidad en pesos, que usted está dispuesto a pagar trimestralmente por el establecimiento y mantenimiento de la superficie absorbente que permita reducir los niveles de molestia causada por el ruido por tráfico vehicular?

\$ _____
 → Si la respuesta es cero, pase a la pregunta 17

16. Porque estaría usted dispuesto a pagar una cantidad trimestral para disminuir la molestia generada por el ruido por tráfico vehicular?

- 1 Percibo molestias generadas por el ruido por tráfico vehicular
- 2 Otros en mi hogar perciben molestias asociadas con el ruido por tráfico
- 3 Me gustaría contribuir con la reducción de la molestia por ruido de tráfico vehicular y reducir la molestia que perciben otras personas
- 4 Me gusta contribuir con buenas causas
- 5 Otras, cuáles? _____

→ Continúe con la sección F

17. ¿Porque no estaría usted dispuesto a pagar una cantidad trimestral para disminuir la molestia generada por el ruido por tráfico vehicular?

- 1 No se siente molesto por el ruido por tráfico vehicular.
- 2 No tengo recursos para hacer ninguno de los pagos propuestos.
- 3 No cree que la alternativa de reducción planteada reduce la molestia.
- 4 No está dispuesto a pagar más por su impuesto predial.
- 5 El costo de la reducción de los niveles de molestia debe ser asumido por el Estado.
- 6 El costo debe ser asumido por los propietarios de vehículos.
- 7 Otras, cuáles? _____

F. Información Socioeconómica

A continuación, le haré algunas preguntas respecto a usted y su familia.

18. ¿Cuál es su año de nacimiento?

19. Género

Femenino

Masculino

20. Nivel educativo (Colocar las celdas de educación. Si lo está cursando indique cuántos años lleva)

	Años	Años cursados
1 Ninguno	0	_____
2 Primaria	5	_____
3 Secundaria	11	_____
4 Técnica	12	_____
5 Tecnológica	13	_____
6 Profesional	16	_____
7 Postgrado	18	_____

21. Actividad económica

1 Trabajador asalariado

2 Trabajador independiente

3 Pensionado

4 Estudiante

5 Ama de casa

6 Busca trabajo/desempleado

7 Otro cual? _____

22. ¿Cuál es su rol dentro del hogar?

Jefe de hogar

Parte del núcleo familiar (hijos)

23. Usted o alguna de las personas que componen su hogar, son propietarios de un vehículo automotor?

Si → Monocicla

Corre

No → Continúe con la pregunta 27.

24. ¿Cuántas personas contribuyen al ingreso de su hogar?

No. de personas

25. ¿Cuántos son los ingresos mensuales de su hogar?

De no obtener el valor puntual, pasar a la pregunta 26. Si se obtiene el valor puntual, continúe con la pregunta 27.

26. ¿Cuántos son los ingresos mensuales de su hogar?

1. Menos de un salario mínimo (\$2.667.000)

2. Entre (1) y (2) salarios mínimos (\$1.133.400)

3. Entre (2) y (3) salarios mínimos (\$1.790.300)

4. Entre (3) y (4) salarios mínimos (\$2.266.800)

5. Entre (4) y (5) salarios mínimos (\$2.833.500)

6. Entre (5) y (6) salarios mínimos (\$3.400.200)

7. Entre (6) y (7) salarios mínimos (\$3.966.900)

8. Entre (7) y (8) salarios mínimos (\$4.533.600)

9. Entre (8) y (9) salarios mínimos (\$5.100.300)

10. Entre (9) y (10) salarios mínimos (\$5.667.000)

11. Entre (10) y (11) salarios mínimos (\$6.233.700)

12. Entre (11) y (12) salarios mínimos (\$6.800.400)

13. Entre (12) y (13) salarios mínimos (\$7.367.100)

14. Más de 14 salarios mínimos (\$7.933.800)

27. ¿Aproximadamente a cuánto ascienden los gastos?

\$ _____

28. ¿Padecer usted alguno de los siguientes problemas? (Marque todos los que apliquen)

1 Trastornos en el sueño

2 Estrés

3 Cansancio

4 Ansiedad

5 Pérdida de audición

6 Venegas

7 Nerviosismo

8 Mal humor

9 Ninguno de los anteriores

29. ¿Usted considera que uno o más de los problemas anteriormente mencionados, están relacionados con la exposición al ruido?

Si No

30. Tipo de vivienda

1 Casa

2 Apartamento

No. de pisos

31. ¿Cuál es el material predominantemente en las paredes exteriores de su vivienda?

1 Madera

2 Adobe

3 Ladrillo, Bloque

4 Drywall

Drywall: material de construcción

32. De cuántos cuartos en total (contando sala) dispone este hogar (Excluye cocina, baños, azulejos)?

1 Cuartos

2 Sala

33. ¿Cuántos de los cuartos de su hogar están contiguos a una calle, avenida o vía?

Número de cuartos

G. Información de la vivienda

34. ¿Cuántas personas duermen en esos cuartos?

No. de personas

35. ¿Cuántos miembros componen su hogar?
(Excluido usted)

No.
Menores de 10 años
Mayores de 60 años

36. ¿Cuál es el estrato socioeconómico de su hogar?

1
2
3
4
5
6

IV. Finalización de la encuesta

37. ¿Que tan difícil fue para usted, responder a la pregunta del pago por la reducción de la molestia generada por el ruido por tráfico vehicular?

F PD D

38. ¿Que tan difícil fue para usted responder al resto de la encuesta?

F PD D

Fácil (F), un poco difícil (PD), Difícil (D)

¡Muchas gracias por su colaboración!

CUADRO 2
VARIABLES UTILIZADAS EN LAS FUNCIONES DE EXPOSICIÓN
RESPUESTA

Variable	Definición	Fuente
dB	Valor del decibel semana diurno	Área Metropolitana del Valle de Aburra (2011). Mapas de acústicos de Medellín
molestia	variable categórica de calificación de molestia de ruido por tráfico vehicular en el día en semana: 1= Nada Molesto(nmolesto), 2= Ligeramente Molesto(lmolesto), 3= Moderadamente Molesto(momolesto), 4= Muy Molesto(mumolesto), 5=Extremadamente Molesto(exmolesto).	
tv	Variable Dummy afecta el ruido para ver tv: 1=Si ; 0=No	
hablar	Variable Dummy afecta el ruido para conversar: : 1=Si ; 0=No	
leer	Variable Dummy afecta el ruido para leer: 1=Si ; 0=No	Encuesta Socio-Acústica y de Valoración Económica (Correa y Osorio, 2015)
dormir	Variable Dummy afecta el ruido para dormir: 1=Si ; 0=No	
edad	Edad en años	
genero	Variable Dummy género: 1=Hombre ; 0=Mujer	
problema	Variable Dummy que identifica si el hogar ha tenido algún problema de salud con el ruido por tráfico vehicular	
vivienda	Variable Dummy tipo de vivienda : 1=Casa ; 0=Apartamento	
ncalle	Número de cuartos cercanos a la calle	
vehiculos	Número de vehiculos en el hogar	
menores	Número de personas en el hogar menores de 10 años	
control	Variable Dummy que identifica si el hogar ha tomado medidas para mitigar el ruido por tráfico vehicular:1=Si ; 0=No.	
estrato	Estrato socioeconómico: 1=estrato 1; 2=estrato 2; 3=estrato 3 ; 4=estrato 4;5=estrato 5; 6=estrato 6.	Estrato predominante por barrio - Alcaldía de Medellín 2010 Alcaldía de Medellín (2010)

CUADRO 3
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES DE LAS FUNCIONES
DE EXPOSICIÓN RESPUESTA

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
dB	1066	5.485.835	6.201.137	35	78
edad	1066	4.992.402	1.693.043	16	90
vehiculos	1065	.6384977	.8156261	0	4
menores	1066	.4174484	.7759504	0	7
ncalle	1066	.9718574	.9360569	0	6

Continuación de estadísticas descriptivas de las variables de las funciones de exposición respuesta

Variable	Categorías	Frecuencia	Porcentaje
molestia	1 Nada molesto	153	14,35
	2 Ligeramente	175	16,42
	3 Moderadamente	321	30,11
	4 Muy molesto	234	21,95
	5 Extremadamente	183	17,17
	Total	1066	100,00
tv	0 No	607	56,94
	1 Si	459	43,06
	Total	1066	100,00
hablar	0 No	665	62,38
	1 Si	401	37,62
	Total	1066	100,00
leer	0 No	819	76,83
	1 Si	247	23,17
	Total	1066	100,00
dormir	0 No	688	64,54
	1 Si	378	35,46
	Total	1066	100,00
genero	0 Mujer	737	69,14
	1 Hombre	329	30,86
	Total	1066	100,00

problema	0 No	590	55,35
	1 Si	475	44,56
	Missing	1	0,09
	Total	1066	100,00
vivienda	0 Apartamento	114	10,69
	1 Casa	952	89,31
	Total	1066	100,00
estrato	1	48	4,50
	2	235	22,05
	3	434	40,71
	4	174	16,32
	5	157	14,73
	6	18	1,69
	Total	1066	100,00
control	0 No	986	92,50
	1 Si	80	7,50
	Total	1066	100,00

CUADRO 4
**RELACIÓN ENTRE PROBABILIDAD DE MOLESTIA Y ESTRATO
SOCIOECONÓMICO**

Estrato Socioeconómico	Probabilidades por categoría				
	Nmolesto	Lmolesto	Momolesto	Mumolesto	Exmolesto
1	14%	19%	34%	21%	11%
2	13%	18%	34%	22%	12%
3	12%	17%	34%	23%	14%
4	10%	16%	34%	24%	15%
5	9%	15%	33%	25%	17%
6	8%	14%	33%	26%	19%

