

Universidad de Medellín

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA REDUCCIÓN DEL RUIDO POR TRÁFICO VEHICULAR: UNA APLICACIÓN PARA MEDELLÍN (COLOMBIA)*

Recibido: 25 de marzo de 2014 • Aprobado: 5 de junio 2015

Francisco Javier Correa Restrepo**
Juan David Osorio Múnera***
Bernardo Andrés Patiño Valencia****

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es la determinación de los beneficios económicos que obtendrían los hogares de zonas residenciales en la ciudad de Medellín (Colombia) por la reducción del ruido por tráfico vehicular. Para tal propósito se utilizó el método de valoración contingente en combinación con información de percepción de calidad acústica de los hogares. Este enfoque permitió estimar la disponibilidad a pagar esperada por la reducción de un decibel en los niveles de ruido a los cuales están expuestos los hogares. Los resultados demuestran que si

* Este artículo es producto 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, Medellín, Colombia, clasificado en categoría B por Colciencias. El proyecto fue ejecutado en el período julio de 2011-noviembre de 2012 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.

** Economista y especialista en evaluación socioeconómica de proyectos, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Magíster en Ciencias Económicas, Área de Economía de la Energía y los Recursos Naturales, Universidad Nacional, Medellín, Colombia. Estudiante del PhD en Economía, SMC University, Suiza. Profesor asociado y Coordinador del Grupo de investigación en Economía Aplicada (GEA), Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Medellín, Colombia. Apartado Aéreo 1983, carrera 87 N.º 30-65, Bloque 5, oficina 107, Medellín, Colombia. Teléfono (574) 3405278. Correo electrónico: fcorrea@udem.edu.co.

*** Economista Industrial, Universidad de Medellín, Colombia. Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, Universidad de los Andes – Universidad de Maryland, Bogotá, Colombia. Profesor Catedrático y miembro del Grupo de investigación GEA, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Medellín, Colombia. Apartado Aéreo 1983, carrera 87 N.º 30-65, Bloque 5, oficina 107, Medellín, Colombia. Teléfono (574) 3405468. Correo electrónico: jdosorio@udem.edu.co.

**** Economista, Universidad de Medellín, Colombia. Estudiante de la Maestría en Ciencias Económicas, Área de Economía de la Energía y los Recursos Naturales, Universidad Nacional, Medellín, Colombia. Profesor Catedrático, Universidad de Medellín, Colombia. Asistente de investigación, Grupo de Economía Aplicada (GEA), Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Medellín, Colombia. Apartado Aéreo 1983, carrera 87 N.º 30-65, Bloque 5, oficina 107, Medellín, Colombia. Teléfono (574) 3405468. Correo electrónico: bpatino@udem.edu.co.

se aplica para la ciudad un programa, política o proyecto que logre una reducción generalizada de 5 decibeles en el ruido por tráfico vehicular los beneficios económicos agregados ascienden a 397 millones de pesos colombianos al año. El estudio concluye que estos resultados generan conocimiento importante para hacer más efectiva la toma de decisiones en el marco de políticas regionales con respecto a la gestión de la reducción del ruido por tráfico vehicular.

PALABRAS CLAVE

Economía ambiental, ruido, externalidad ambiental, bienestar, política ambiental, Colombia.

CLASIFICACIÓN JEL

Q53, Q58, D62

CONTENIDO

Introducción; 1. El efecto del ruido sobre el bienestar social; 2. Revisión de estudios de valoración económica del ruido por tráfico vehicular; 3. Metodología; 4. Estimación de la DAP por reducción de ruido por tráfico vehicular; 5. Conclusiones; Bibliografía.

ECONOMIC VALUATION OF NOISE REDUCTION DUE TO VEHICLE TRAFFIC: AN APPLICATION FOR MEDELLIN (COLOMBIA)

ABSTRACT

The objective of this paper is to determine the economic benefits obtained by households in residential zones in the city of Medellin (Colombia) by the reduction of noise and vehicle traffic. For this purpose, a contingency valuation method was used combined with information regarding the perception of the acoustic quality at the different households. This scope led to the estimation of the expected willingness to pay for the reduction of one decibel in the noise levels that households are exposed to. Results show that if this program is applied in the city through a policy or project that is able to achieve a generalized reduction of 5 decibels in the noise generated by vehicle traffic, the aggregated economic benefits can reach up to 397 million Colombian pesos per year. The study concludes that these results generate important knowledge that can be used for more effective decision-making within the regional policy framework in respect with noise reduction management due to vehicle traffic.

KEY WORDS

Environmental economy, noise, environmental externality, well-being, environmental policy, Colombia.

JEL CLASSIFICATION

Q53, Q58, D62

CONTENT

Introduction; 1. Effect of noise on social wellbeing; 2. Economic valuation studies on noise due to vehicle traffic; 3. Methodology; 4. DAP estimation by noise reduction due to vehicle traffic; 5. Conclusions; bibliography.

AVALIAÇÃO ECONÓMICA DA REDUÇÃO DO RUÍDO POR TRÁFICO VEICULAR: UMA APLICAÇÃO PARA MEDELLÍN (COLÔMBIA)

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é a determinação dos benefícios econômicos provenientes de casas de áreas residenciais na cidade de Medellín (Colômbia), através da redução do ruído do tráfego vehicular. Para o efeito foi utilizado o método de avaliação contingente em combinação com informações sobre a percepção da qualidade de som das casas. Esta abordagem permitiu-nos a estimar a disponibilidade de pagar prevista pela redução de um decibel nível de ruído ao qual estão expostas as casas. Os resultados mostram que, se ela se aplica à cidade um programa, projeto ou política que atinge uma redução generalizada de 5 dB no ruído de tráfego vehicular, benefícios econômicos montante global de 397 bilhões de pesos colombianos por ano. O estudo concluiu-se que esses resultados geram importantes conhecimentos para fazer tomadas de decisão mais eficazes no contexto das políticas regionais no que diz respeito à gestão da redução de ruído de tráfego vehicular.

PALAVRAS-CHAVE

Economía ambiental, ruído, externalidade ambiental, bem-estar, política ambiental, Colombia.

CLASSIFICAÇÃO JEL

Q53, Q58, D62

CONTEÚDO

Introdução; 1. O efeito do ruído no bem-estar social; 2. Revisão da avaliação econômica estudos de ruído pelo trânsito de veículos; 3. Metodologia; 4. Estimativa da DAP por redução de ruído pelo trânsito de veículos; 5. Conclusões; Bibliografia.

INTRODUCCIÓN

El aumento de las actividades económicas, en especial, en los centros urbanos, ha generado incrementos acelerados de los índices de construcción, de actividades comerciales e industriales y, además, un aumento del parque automotor, lo que contribuye de manera directa al incremento de los niveles de ruido en las ciudades. La contaminación acústica causa costos económicos y tiene un impacto negativo en el bienestar social de los hogares que residen en las urbes, por lo que se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales de las zonas urbanas alrededor del mundo (Bjorner, 2004). En particular, el tráfico vehicular es una de las fuentes que más ha contribuido al incremento de los niveles de ruido en las zonas urbanas y, por tanto, a la degradación ambiental.

Los cambios en el ruido de las ciudades generan efectos socio-económicos que son percibidos por la sociedad de varias maneras: 1. Deterioro de la salud de la población, 2. Reducción del valor de las propiedades, en particular de las residencias que están más expuestas a altos niveles de ruido, y 3. Molestia de los individuos que están expuestos al ruido, ya que este interviene de forma negativa en la realización de diferentes actividades de tipo cotidiano, tales como: leer, tener una conversación, dormir, ver televisión y realizar actividades productivas como trabajar y estudiar. Así, afecta de forma directa la concentración y el descanso (OMS, 1999).

Con el propósito de abordar dicho problema y de poder brindar mayor información sobre los costos sociales que genera el ruido por tráfico vehicular, se han desarrollado diversos estudios, fundamentados en la teoría microeconómica y la teoría del bienestar, en los cuales se obtienen valoraciones económicas de los impactos del ruido para establecer indicadores que permitan analizar desde lo económico y lo social la implementación de medidas de prevención, control y mitigación.

En este sentido, el presente trabajo muestra los resultados de una investigación que estima los beneficios económicos de la reducción de ruido por tráfico vehicular en la ciudad de Medellín, Colombia. En esta ciudad, el ruido por tráfico vehicular es considerado la fuente de ruido más significativa en el proceso de degradación acústica, tal y como lo ratifican AMVA (2011), Echeverri, Murillo y Valencia (2011), Yepes y otros (2009) y Ortega y Cardona (2005). Así, el artículo se organizó con la siguiente estructura: primero se plantea el efecto del ruido sobre el bienestar de la sociedad, en particular, lo que se refiere con afectaciones a la salud y generación de molestia; segundo, se presenta una breve revisión de estudios internacionales de valoración económica de ruido por tráfico vehicular; tercero, se describen los aspectos técnicos de la aplicación del método de valoración contingente para la valoración económica; cuarto, se muestran los resultados de las estimaciones de

la disposición a pagar (DAP) por la reducción de ruido por tráfico vehicular en la ciudad de Medellín; y finalmente, se exponen las principales conclusiones.

1. EL EFECTO DEL RUIDO SOBRE EL BIENESTAR SOCIAL

La exposición al ruido de diferentes fuentes, como el asociado al tráfico vehicular, genera una serie de impactos negativos sobre la sociedad. Según la literatura, este impacto se presenta de tres maneras: 1. Deterioro en la salud de los individuos expuestos al ruido (Bluhm, Nordling y Berglind, 2004; OMS, 1999, y Klæboe, 2003, entre otros). 2. Disminución de los precios de los inmuebles, dada la relación inversa existente entre el incremento de los niveles de ruido y el precio de las viviendas (Wilhelmsson, 2000; Clark, 2006; y Marmolejo, 2008, entre otros). 3. Generación de estados de molestia, dada la percepción de ruido; esta molestia se presenta por la interrupción de la realización de actividades cotidianas (Shepherd y otros, 2010; Miedema y Oudshoorn, 2001; Bjorner, Kronbak y Lundhede, 2003). De esta manera el ruido es un problema que tiene consecuencias en la calidad de vida de las personas y, por tanto, en el bienestar social.

Sobre lo anterior, se considera que los efectos del ruido sobre la salud están sujetos a varios factores entre los que se pueden enunciar: la intensidad, la duración, la frecuencia diaria y la sensibilidad de cada individuo a la exposición a los diferentes niveles de ruido, entre otros. La OMS (1999) describe diferentes efectos sobre la salud de las personas, a saber: deficiencias auditivas causadas por el ruido¹, interferencia en la comunicación oral, trastornos del sueño y del reposo; efectos psicofisiológicos² sobre la salud mental, y efectos sobre el comportamiento.

Las afecciones físicas y psicológicas asociadas a la exposición de ruido varían según los diferentes niveles de exposición. Así 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 período de tiempo a una fuente de emisión cercana (Ortega y Cardona, 2005). Estudios de la OMS señalan que el ruido puede causar distintas clase de respuestas reflejas, con repercusiones neurosensoriales, endocrinas, vasculares y digestivas, sensación de malestar y fatiga (que afecta los niveles de rendimiento), afecciones que se presentan de manera adicional a la molestia percibida por el oído (OMS, 1999).

-
- 1 Las deficiencias de tipo auditivo 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.
 - 2 Grupo de alteraciones caracterizadas por síntomas físicos que son afectados por factores emocionales y que involucran sólo a un sistema orgánico, normalmente bajo el Control del sistema nervioso autónomo (Stone, 1988).

Finalmente, la OMS (1999) establece niveles críticos de ruido asociados a la generación de efectos nocivos sobre la salud. La tabla 1 presenta los niveles críticos de exposición al ruido urbano y los efectos nocivos asociados a dicha exposición.

Tabla 1. Valores críticos de ruido urbano

<i>dB(A)</i>	<i>Efectos nocivos</i>
30	Dificultad en concluir el sueño, pérdida de calidad del sueño
40	Dificultad en la comunicación verbal
45	Probable interrupción del sueño
50	Malestar diurno moderado
55	Malestar diurno fuerte
65	Comunicación verbal extremadamente difícil
75	Pérdida de oído a largo plazo
110-140	Disminución permanente de la capacidad auditiva

Fuente: OMS (1999)

Según puede observarse en la tabla 1, la OMS (1999) plantea que a un nivel de 30 dB(A) no se puede conciliar el sueño, lo cual disminuye la calidad del sueño. Ahora, a niveles de ruido de 40 dB(A) se dificulta la comunicación verbal. Para 75 dB(A) se observa pérdida del oído a largo plazo y entre 110-140 dB(A) se establece que puede llegar a ocurrir la pérdida del oído a corto plazo. Por último, por encima de 140 dB(A) se presenta el umbral del dolor.

Con respecto al efecto del ruido sobre la infraestructura física de las ciudades, se plantea que el incremento de los niveles de ruido en áreas cercanas a las estructuras residenciales afecta de forma negativa el precio de mercado de las mismas. Así, se evidencia una relación inversa entre los niveles de ruido, en general representados en dB(A), y el precio de las viviendas y edificaciones expuestas a variabilidad en los decibeles de ruido (Bateman y otros, 2000).

Para tener una idea del impacto que el ruido por fuentes móviles tiene sobre los diferentes tipos de propiedades, Uyeno, Hamilton y Biggs (1993) desarrollaron un estudio donde se estimó que en 1992 el incremento en un decibel en los niveles de ruido tiene un efecto negativo en el precio de las viviendas unifamiliares, condominios y terrenos baldíos, en su orden del 0,65 %, 0,90 % y 0,16 %. Del mismo modo, Brandt y Maenning (2011) encontraron que el ruido por tráfico vehicular tiene efectos negativos sobre el precio de los condominios en Hamburgo (Alemania), al

encontrar que a incrementos de un decibel en los niveles de ruido, los precios de los condominios experimentan disminuciones aproximadas de 0,23 %.

De esta manera, no son pocas las referencias en la literatura que permiten establecer el impacto negativo del ruido sobre el precio de las viviendas e incluso sobre el precio de predios inhabitados. Por tanto, se concluye que la existencia de altos niveles de ruido cerca de edificaciones genera desincentivos a comprar o arrendar propiedades residenciales, o conduce a comprar por valores inferiores a los establecidos en el mercado.

De otro lado, con relación a la molestia, el ruido genera incomodidad y perturbación asociada a la dificultad de realizar actividades de tipo cotidiano ya que afecta la concentración y el descanso. En este sentido, el ruido impide o interrumpe el desarrollo de actividades como leer, dormir, establecer una conversación, ver televisión y realizar actividades productivas como trabajar y estudiar (Shepherd *y otros*, 2010; Mediema y Oudshoorn, 2001).

Las perturbaciones generadas sobre el sueño, asociadas a la exposición al ruido, se relacionan con la sensación de molestia provocada por la percepción de ruido en las noches o en las horas de descanso, lo cual causa efectos fisiológicos y mentales ya que dormir es necesario para el normal funcionamiento del cuerpo humano. De esta forma, el principal efecto del ruido –en términos de molestia–, recae en la incapacidad para conciliar el sueño, seguido por la interrupción del mismo.

A partir de lo anterior, se afirma que el ruido, y en particular el generado por el tráfico vehicular, genera impactos negativos sobre el bienestar de la población, con afectación sobre la calidad de vida de las personas de manera física y psicológica, y con la generación de estados de molestia e incomodidad. Por tanto, toma pertinencia analizar de forma técnica los ya mencionados efectos negativos asociados al ruido, con el fin de generar procesos de prevención, control y reducción de dichos efectos.

Una vez entendidos los efectos del ruido por el tráfico vehicular, como una externalidad negativa que afecta el bienestar de la sociedad, a continuación se aborda una revisión de estudios donde se aplican los instrumentos de la economía ambiental y la teoría del bienestar para establecer la valoración económica del efecto que tiene el ruido por tráfico vehicular sobre los hogares y su calidad de vida.

2. REVISIÓN DE ESTUDIOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DEL RUIDO POR TRÁFICO VEHICULAR

En esta sección se identifican varios estudios y se analizan los aspectos más importantes en términos teóricos y metodológicos, lo que permite hacer deducciones para la aplicación del ejercicio de valoración económica en la ciudad de Medellín.

En general, la técnica más usual para la valoración económica del ruido generado por el tráfico vehicular es el método de precios hedónicos (MPH). No obstante, el uso de métodos de preferencias declaradas en la valoración económica de ruido ha incrementado su uso. En especial, el método de valoración contingente (MVC) ha sido empleado de manera frecuente en este tipo de ejercicios. Algunos de estos estudios son los realizados por Barreiro, Sánchez y Viladrich-Grau (2005), Bjorner (2004), Li y otros (2009), Saz (1999), Lambert, Poisson y Champlovier (2001), entre otros. Los trabajos mencionados realizan una valoración económica del beneficio generado por un cambio en la calidad acústica de una zona, mediante la presentación de diferentes escenarios de valoración que exponen diversas alternativas de reducción de ruido. Incluso algunos como Bjorner, Lundhede y Krombak (2003) sugieren la utilización del MVC en la valoración económica del ruido, ya que permite aislar de forma adecuada la molestia generada por el ruido de las demás molestias generadas por el tráfico vehicular.

Estudios como Lambert, Poisson y Champlovier (2001), Bjorner, Lundhede y Krombak (2003), Navrud y otros (2006), Máca y Urban (2010) y Barreiro, Sánchez y Viladrich-Grau (2003) aplican el MVC mediante la asociación de los niveles de ruido y el cambio en los niveles de molestia. A continuación, se abordan los principales estudios encontrados en la literatura mundial que desarrollan valoraciones económicas de los efectos del ruido por tráfico vehicular mediante el método de valoración contingente (MVC).

En primer lugar, está el estudio de Lambert, Poisson y Champlovier (2001). Estos autores aplicaron entrevistas de manera presencial a 331 familias en la periferia de la autopista de Rhone-Alpes en Francia. Este estudio se desarrolló con el objetivo de estimar los beneficios económicos de la reducción de ruido asociado al tráfico vehicular, mediante el uso de la metodología de valoración contingente y una encuesta de formato abierto. Lambert, Poisson y Champlovier (2001) relacionan la molestia mediante la utilización de cinco categorías (nada molesto, ligeramente molesto, moderadamente molesto, muy molesto y extremadamente molesto), mediante las cuales se diferencian cambios concretos de la disposición a pagar, asociados a cambios en el nivel de molestia. Los resultados del estudio se presentan en la tabla 2, donde se observa la disponibilidad a pagar-DAP para los diferentes niveles de molestia, con tendencia creciente de la DAP respecto a los niveles de molestia revelados.

Por su parte, Bjorner, Lundhede y Krombak (2003) basan sus estimaciones en la aplicación de dos métodos de valoración económica: 1. Valoración contingente –igual que Lambert, Poisson y Champlovier (2001)-, y 2. Precios hedónicos (MPH).

A partir de los resultados de la aplicación del MPH los autores estimaron que el precio de las viviendas disminuye un 0,49 % por dB(A)³ de incremento en el nivel de ruido, para viviendas expuestas a por lo menos 55 dB(A). En términos monetarios, el precio de las viviendas presenta una reducción promedio entre € 618 y € 987 a niveles de 55 dB(A) y 75dB(A), respectivamente. Esto corresponde a valores anuales de reducción de ruido de € 12.38 para 55dB y € 19.8 para 75dB por hogar por dB. Al utilizar el método de valoración contingente los autores obtuvieron que la DAP anual presenta diferencias que dependen de los niveles de ruido a los que están expuestos los encuestados. Así, mientras más alto es el nivel de ruido al que el sujeto afectado está expuesto, más alto será el nivel de molestia reportado, por ende, mayor es su disposición a pagar por la reducción del ruido. En este sentido, se obtuvo que la DAP de los hogares por la reducción de los niveles de ruido se ubica entre € 2.28 y € 10.63 por hogar por decibel para 55dB(A) y 75dB(A).

Bjorner, Kronbak y Lundhede (2003) concluyen que la diferencia entre los valores obtenidos mediante el MVC y el MPH se deriva de los sesgos asociados al método de precios hedónicos, ya que los valores estimados reflejan la DAP por reducir otras molestias generadas por el tráfico vehicular, además del ruido (tales como polvo y suciedad, contaminación al aire, accidentalidad, entre otras). A partir de la conclusión anterior los autores recomiendan que los valores de reducción de ruido usados para aplicar análisis costo-beneficio sean los obtenidos mediante el MVC.

De otro lado, Navrud y otros (2006) aplicaron 5500 encuestas de valoración contingente, conducidas de manera simultánea en seis países con el objetivo de reflejar las diferencias existentes en el ingreso (Alemania, Hungría, España, Noruega, Suecia y Reino Unido) y las diferentes percepciones de molestia de los países mencionados (HEATCO, 2006, p 4). Las DAP estimadas por el estudio se plantean en la tabla 2. En particular Navrud y otros (2006) concluye que la DAP se comporta de manera positiva al incremento de los niveles de molestia al pasar de nada molesto a ligeramente molesto y, de esta, a moderadamente molesto.

Del mismo modo, el estudio desarrollado por Barreiro, Sánchez y Viladrich-Gra (2005) evalúa el beneficio económico generado por un programa de reducción de ruido en la ciudad de Pamplona, España. La variación más significativa de este ejercicio corresponde a la aplicación del formato de encuesta denominado *one and one-half bound* el cual permite reducir algunos sesgos asociados a otros formatos de encuesta como límite simple, doble límite y subasta (sesgo de respuesta negativa, de punto de partida, entre otros). Las estimaciones generadas a partir de la aplicación

3 db (A): decibeles, medida de presión sonora ponderada a al nivel de presión que soporta el oído humano, esta ponderación lo indica la letra (A).

de 600 entrevistas telefónicas arrojaron un valor de € 4 por decibel por hogar al año, como valor de la externalidad evaluada. Además del valor puntual estimado por el estudio, los autores estimaron valores de DAP anuales por nivel de molestia. Para ello emplearon una escala de molestia igual a la mencionada en estudios anteriores. Como resultado se plantean la DAP entre los € 45 para la categoría nada molesto, hasta € 361 para extremadamente molesto (ver tabla 2).

Finalmente, Máca y Urban (2010) desarrollan el ejercicio de valoración contingente para estimar los valores económicos de la reducción de ruido generado por el tráfico vehicular en varias ciudades de la República Checa, bajo el enfoque de disposición a aceptar (DAA) y no mediante la disposición a pagar (DAP), como los estudios de valoración económica ya mencionados. Esto con el objetivo de mejorar el entendimiento del escenario y reducir la posible tasa de rechazo de la pregunta de valoración económica, la cual se formuló luego de consultar la preferencia entre disminuir los niveles de ruido o recibir una compensación financiera por los efectos negativos en los hogares.

Los resultados del estudio muestran valores económicos entre € 51 y € 170 los cuales dependen del cambio marginal en los niveles de ruido y de los cambios en los niveles de molestia. La DAA a causa de las molestias generadas por el ruido por tráfico vehicular se presenta en la tabla 2, donde se puede observar poca sensibilidad del valor económico al pasar de nada molesto a ligeramente molesto. Se evidencia un cambio significativo al pasar de la anterior escala de molestia a moderadamente molesto y permanece de nuevo invariable para escalas de molestia superior (muy molesto y extremadamente molesto).

Tabla 2. Valores de DAP por niveles de molestia estimados por estudios de valoración económica

<i>Información general del estudio</i>		<i>DAP/Euros/año estimada, por nivel de molestia</i>				
<i>Estudio</i>	<i>Año de realización</i>	<i>Nada molesto</i>	<i>Ligeramente molesto</i>	<i>Moderadamente molesto</i>	<i>Muy molesto</i>	<i>Extremadamente molesto</i>
Lambert, Poisson y Champelovier (2001)	1999	€ 47	€ 61	€ 78	€ 101	€ 130
Bjorner, Lundhede y Kronbak (2003)	2002	€ 45	€ 85	€ 198	€ 257	€ 361

(continuación tabla 2)

Información general del estudio		DAP/Euros/año estimada, por nivel de molestia				
Estudio	Año de realización	Nada molesto	Ligeramente molesto	Moderadamente molesto	Muy molesto	Extremadamente molesto
Navrud y otros (2006)	2005	€ 8	€ 32	€ 53	€ 65	€ 173
	2005	€ 12	€ 93	€ 316	€ 214	€ 143
	2005	€ 3	€ 7	€ 15	€ 37	€ 33
	2005	€ 1	€ 5	€ 12	€ 20	€ 28
	2005	€ 20	€ 92	€ 80	€ 28	€ 52
	2005	€ 22	€ 53	€ 120	€ 158	€ 272
Máca y Urban (2010)	2006	€ 51	€ 51	€ 102	€ 170	€ 170
Barreiro, Sánchez y Viladrich-Grauc (2003)	2002	€ 45	€ 85	€ 198	€ 257	€ 361

Fuente: elaboración propia

Los diferentes estudios sobre valoración económica analizados indican que la utilización del MVC y las encuestas socio-acústicas para obtener información sobre la molestia por la exposición al ruido son procesos útiles para evaluar y estimar las DAP por reducciones de ruido al vincularlas a la encuesta contingente tradicional. En lo que sigue se presenta la metodología empleada para la estimación del valor económico del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de Medellín, Colombia.

3. METODOLOGÍA

El objetivo de la investigación es establecer el valor económico que las personas le asignan a un programa que busque reducir el ruido por tráfico vehicular en la ciudad de Medellín (Colombia) desde un enfoque del valor económico total, es decir, donde se puedan obtener tanto los valores de uso como los de no uso (valores de existencia, en particular el valor de donación asociado a altruismo que los individuos pueda tener expresado en el deseo de mejor calidad acústica para la ciudad). Por tal razón, el método más adecuado para la estimación de los beneficios económicos por la reducción de ruido por tráfico vehicular es el método de valoración contingente (MVC) en virtud de que este permite no solo capturar el valor de uso y la calidad acústica que percibe el individuo, sino también valores de no uso. Lo anterior representa una ventaja sobre la utilización del método de precios hedónicos, pues este es un método indirecto, es decir, basado en precios de mercado por lo que

captura solo valores de uso. Asimismo, la ventaja del MVC con respecto al método de transferencia de beneficios es que este último, al aplicarlo, no arrojaría valores económicos asociados de forma directa con la percepción del individuo con respecto a la molestia por el ruido, y su correspondiente disposición a pagar por reducirla, sino que transfiere valores promedio de otras situaciones generadas en contextos socioeconómicos similares al caso de estudio y, de esta forma, dichos valores solo representan estimaciones preliminares para priorizar.

El formato de pregunta en el escenario de valoración económica es uno de los elementos importantes de definir; entre los más utilizados se encuentra el formato abierto, la tarjeta de pagos y el sistema de subasta. Para este trabajo se utilizó el formato de pregunta abierto, el cual presenta el problema que se conoce como sesgo estratégico que aparece cuando los entrevistados buscan modificar su decisión, entregando valores de disponibilidad a pagar distintos de los reales; además, es un formato que exige al entrevistado pensar en un número sin ningún antecedente o precio de referencia. Para disminuir dicho potencial efecto negativo sobre los resultados del ejercicio se trabajó con los entrevistados una pregunta previa al formato abierto con una tabla de pagos lo cual sirve de base para poder tomar una decisión más informada de acuerdo con sus preferencias y restricciones de ingreso⁴. Además, se formularon preguntas de control para identificar las razones por las cuales el entrevistado informaba su disponibilidad o no a pagar por el programa ofrecido de reducción de molestia de ruido por tráfico vehicular; esto es importante para conocer cómo se componen las respuestas y las preferencias sobre la disponibilidad a pagar, de tal forma que se puedan excluir las respuestas de protesta del modelo econométrico que se debe estimar para calcular los valores económicos.

A partir de los resultados del MVC se estimó la función exposición-respuesta entre el ruido y el nivel de molestia, lo cual facilitó el cálculo de la probabilidad de estar molesto en cada nivel de molestia, dependiendo de los decibeles de ruido a los que están expuestos los hogares. Esto último se estima a partir de modelos econométricos probit ordenados. Por tanto, la estimación de la función que relaciona la exposición al ruido con la molestia ocasionada al hogar mejora las estimaciones de las disposiciones a pagar por reducción del ruido por tráfico vehicular, pues permite diferenciar dichas DAP según la percepción de molestia frente al ruido, la dosis de ruido y de las características de los hogares. Lo anterior facilita un mejor entendimiento de cómo el ruido por tráfico vehicular afecta a las personas y su bienestar, lo cual se traduce en un indicador económico que permite la evaluación

4 En el anexo A se presenta la encuesta que contiene la pregunta de la disposición a pagar que se le presento a los individuos encuestados (pregunta 14).

de proyectos, programas y políticas que tengan como propósito la reducción del ruido por dicha fuente.

En cuanto al diseño de la recolección de información, la zona de estudio está comprendida por el área urbana residencial del municipio de Medellín. Se definió concentrarlo en las zonas residenciales ya que el impacto del ruido por tráfico vehicular es mayor. Prueba de ello lo evidencian los estudios socio-acústicos de AMVA (2008), Vélez y Espinosa (2008), Echeverri (2009) y Echeverri, Murillo y Valencia (2011) donde se establece que las zonas urbanas más afectadas por el ruido por tráfico vehicular en Medellín son las zonas residenciales, donde se presenta una cantidad mayor de personas distribuidas en un territorio específico y se localizan en áreas con gran cantidad de tráfico vehicular.

Para la construcción de la estructura de la muestra compuesta por 48.159 edificaciones expuestas a niveles de ruido entre los 31 y 95 decibeles⁵, se dividió el territorio en tres zonas, norte, centro y sur, y se utilizó información sobre la distribución espacial de las edificaciones en las zonas residenciales del Municipio de Medellín, mapas de ruido de la ciudad (jornada diurna y nocturna, para el periodo entre semana y fin de semana), mapa de la altura de edificaciones para la ciudad, mapa malla vial de la ciudad, mapas de usos de suelo, e información de estratificación socio-económica.

Como resultado de la aplicación del muestreo a las tres zonas, se definió para la zona centro un total de 375 puntos, norte 376 y para la zona sur 374 puntos. De esta forma, se obtuvo una muestra total de 1125 puntos que se traducen en hogares pertenecientes a las diferentes zonas de la ciudad de Medellín, la cual fue ampliada a 1200 hogares para disminuir la pérdida de datos por la dificultad de acceso a algunos barrios en la ciudad. Luego, se realizó la estratificación de los puntos estimados y se logró su representatividad para cada decibel considerado en el rango propuesto.

La encuesta se compone de las siguientes siete sesiones que recopilaron la información necesaria para el análisis socio-acústico y la valoración económica: 1. Preguntas de control e introducción, 2. Preguntas generales sobre los tiempos de permanencia en el hogar y condición de salud de los integrantes del hogar, 3. Percepción ambiental, 4. Escenario de valoración, 5. Pregunta de valoración económica, 6. Información socioeconómica y 7. Percepción de la encuesta.

5 Este intervalo se determinó a partir de los niveles límites de medición de emisión de ruido en la zona urbana de municipio de Medellín establecidos en los mapas de ruido de la ciudad (AMVA, 2011), el cual establece que el límite inferior y superior de la emisión de ruido en la ciudad es de 31dB(A) y 95dB(A), respectivamente.

Para la calificación de la molestia del ruido por tráfico vehicular y las demás fuentes evaluadas, se empleó la escala de medición de molestia descrita en la guía internacional de investigación de molestia de ruido ISO (2003), que menciona las siguientes categorías: nada molesto, ligeramente molesto, moderadamente molesto, muy molesto y extremadamente molesto. Esta escala se considera como la más apropiada para capturar información de molestia por ruido en encuestas socio-acústicas y ha sido empleada por varios estudios de valoración económica del ruido por tráfico vehicular entre los que se pueden mencionar Lambert, Poisson y Champlovier (2001), Bjorner, Lundhede y Kronbak (2003), Navrud (2000) y Bjorner (2004), entre otros.

Para la aplicación del método de valoración económica de los beneficios del ruido por tráfico vehicular, se debe construir un escenario de valoración que permita revelar las preferencias y la disposición a pagar de los hogares por la reducción de los niveles de molestia generada por esta fuente de ruido. Para lo anterior se utiliza, de forma usual, un escenario de valoración de proyectos específicos de reducción de la externalidad (Saz, 2004). Los proyectos de reducción de ruido más empleados en la literatura económica son aquellos que proponen la implementación de pantallas acústicas y la utilización de cubierta asfáltica para la reducción de los niveles de ruido por tráfico, en particular el ruido generado por la aceleración y el frenado (Navrud, 2002 y Bjorner, 2004).

Consecuente con lo anterior, se construyó un escenario de mejora ambiental y de reducción de la molestia ocasionada por el ruido por tráfico vehicular consistente en la utilización de una superficie asfáltica compuesta por un material absorbente que reduce el ruido generado por la aceleración y el frenado de los vehículos. El uso de cubiertas asfálticas para la reducción de ruido es propicio para entornos específicos en donde las comunidades afectadas se localizan en zonas urbanas como barrios y comunas, donde la malla vial está compuesta por tramos cortos rodeados de edificaciones lo que dificulta grandes intervenciones en la infraestructura local. Además, se establece el pago de un valor económico recolectado mediante la factura de impuesto predial.

Como se mencionó antes la pregunta de disposición a pagar se trabajó bajo dos tipos de formatos. El primero consiste en una tabla de pagos y el segundo un formato abierto que permite al entrevistado revelar cuál es su máxima DAP por la mejora ambiental. De esta forma, la tabla de pagos que se presenta a los entrevistados, de manera previa a la formulación de la pregunta abierta de DAP, mejora el proceso de revelar la máxima disponibilidad a pagar. Los valores de DAP presentados en la tabla de pagos se determinaron mediante la realización de un ejercicio de transfe-

rencia de valores puntuales, medidos en paridad de poder adquisitivo, a partir de una serie de estudios de valoración económica del ruido por tráfico vehicular, ya mencionados en la revisión de bibliografía (Lambert, Poisson y Champelovier, 2001; Bjorner, Lundhede y Kronbak, 2003; Navrud y otros, 2006; Máca y Urban, 2010 y Barreiro, Sánchez y Viladrich-Grauc, 2003).

Luego de establecer los valores para la tabla de pagos mediante el ejercicio de transferencia de beneficios, se aplicó una encuesta piloto del instrumento de valoración contingente con el objetivo de ajustar el cuestionario definitivo⁶. De lo anterior se obtuvo el diseño de un instrumento de recolección de información adecuado y funcional⁷. Dicha encuesta se aplicó en un total de 92 barrios de la ciudad, distribuidos en las tres zonas ya establecidas. En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos de los análisis de la información obtenida de la aplicación de los cuestionarios y los modelos matemáticos y económicos que permiten determinar los beneficios económicos asociados a la reducción de los niveles de ruido por tráfico vehicular en la ciudad de Medellín.

4. ESTIMACIÓN DE LA DAP POR REDUCCIÓN DE RUIDO POR TRÁFICO VEHICULAR

En este apartado se analiza la DAP por reducir la molestia que perciben los hogares por el ruido en la ciudad de Medellín. La información de la DAP se obtuvo a partir de dos instrumentos. El primero, conformado por una tabla de pagos que permite revelar los límites máximos y mínimos de la DAP y, además, familiarizar a los entrevistados con la toma de decisiones para establecer una DAP por la disminución de la molestia por ruido mediante las preguntas si definitivamente pagaría, si posiblemente pagaría, si no sabe, si posiblemente no pagaría o si definitivamente no pagaría diferentes valores monetarios trimestrales para la implementación y mantenimiento de la superficie absorbente de ruido. En segundo lugar, se formuló una pregunta abierta con el objetivo de identificar la máxima cantidad en pesos que está dispuesta a pagar trimestralmente la persona encuestada por la reducción de la molestia a partir del establecimiento de la medida de mitigación planteada. A

6 Para el desarrollo de la encuesta piloto, se seleccionaron de manera aleatoria 39 hogares ubicados en la zona sur de la ciudad de Medellín. Los hogares están ubicados en zonas residenciales, y expuestos a niveles de ruido entre los 40dB(A) y 70dB(A). El análisis de la encuesta piloto evidenció la efectividad en la recolección de los datos de molestia asociados a la exposición a diferentes niveles de ruido y se obtuvo observaciones para modificar el formato de encuesta definitiva en lo que concierne a las preguntas de percepción de molestia, escenarios de valoración y los pagos empleados en la encuesta como referencia de los costos de la implementación de medidas de reducción de ruido.

7 En el anexo A se encuentran los formatos de los instrumentos (encuestas) utilizados para la captura de la información.

continuación, se presenta la distribución de las respuestas a la DAP, en positivas, negativas y ceros de protesta⁸.

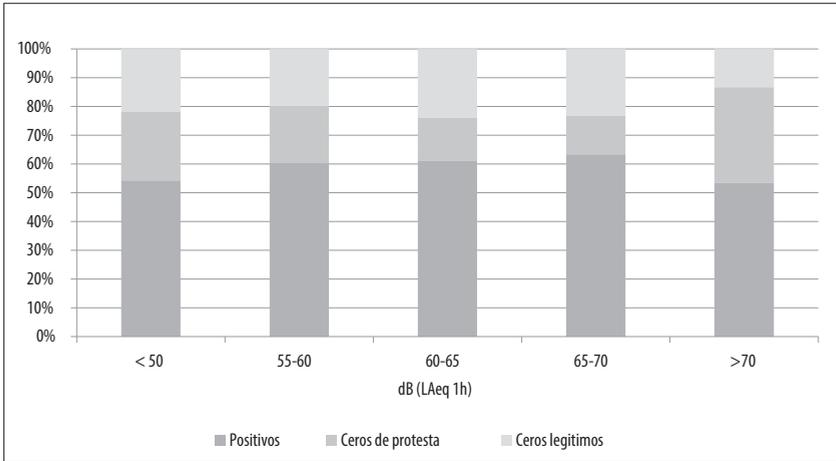
Los gráficos 1 y 2 muestran la distribución de las respuestas de DAP de acuerdo con el intervalo de ruido (gráfico 1) y niveles de molestia (gráfico 2). De acuerdo con el comportamiento esperado, se presenta un incremento en el nivel de respuestas positivas a partir del aumento en los niveles de ruido, mientras decrecen las respuestas de protesta, excepto en el intervalo de ruido mayor a 70dB(A) donde se presenta un incremento de este tipo de respuesta. Con respecto al comportamiento de las respuestas de DAP en relación con los niveles de molestia, hay aumentos de la aceptación del pago (respuestas positivas) a medida que incrementa la calificación de molestia lo que está de acuerdo con el comportamiento esperado. Por su parte, las respuestas de protesta no presentan alta variabilidad hasta la categoría de calificación extremadamente molesto. La respuesta de protesta más común fue en la que se dice que es el Estado quien debería hacerse cargo del pago por la reducción de ruido y de la molestia asociada al ruido por tráfico vehicular.

Estudios como Bjorner, Lundhede y Kronbak (2003) y Lambert, Poisson y Champlovier (2001) presentan resultados similares a los obtenidos por el presente estudio, en términos de las DAP y en relación con el comportamiento de los niveles de ruido y calificación de molestia. Los autores de los dos estudios mencionados sugieren la existencia de una relación positiva entre el incremento de los niveles de ruido, molestia y disponibilidad de pago.

Al analizar de manera conjunta los gráficos 1 y 2, se observa una clara relación entre decibeles, molestia y DAP, ya que el comportamiento de las respuestas positivas, y los ceros coinciden en ambos gráficos. En particular, se plantea que la respuesta de protesta cambia en rangos altos de decibeles y molestia. Además, se presenta mayor variabilidad de la DAP cuando se analiza con respecto a los decibeles de exposición de ruido que cuando se contrasta con la molestia.

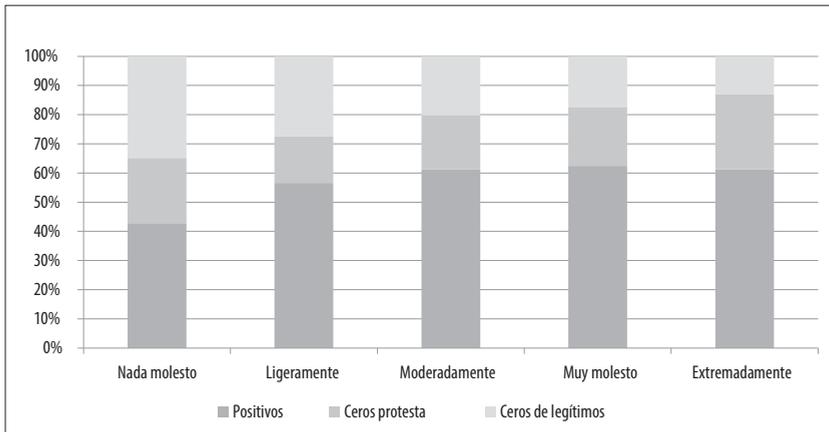
8 Se plantean tres tipos de respuestas: 1. Positivas: se refiere a las respuestas de aquellas personas que están dispuestas a pagar por la implementación del proyecto sugerido, 2. Ceros legítimos: se refiere a las personas que no están dispuestas a pagar ya que su disponibilidad de ingresos no lo permite o no encuentran afectadas por la externalidad y 3. Ceros de protestas: hacen referencia a las respuestas de las personas que no están dispuestas a pagar por la implementación del proyecto ya que no les interesa la implementación del mismo, aseguran que el estado debe hacerse cargo de la solución de la problemática o expresan abiertamente su incredulidad con la medida de reducción o mitigación de la molestia ambiental.

Gráfico 1. Respuestas de DAP por intervalo de ruido



Fuente: elaboración propia

Gráfico 2. Respuestas de DAP por niveles de molestia

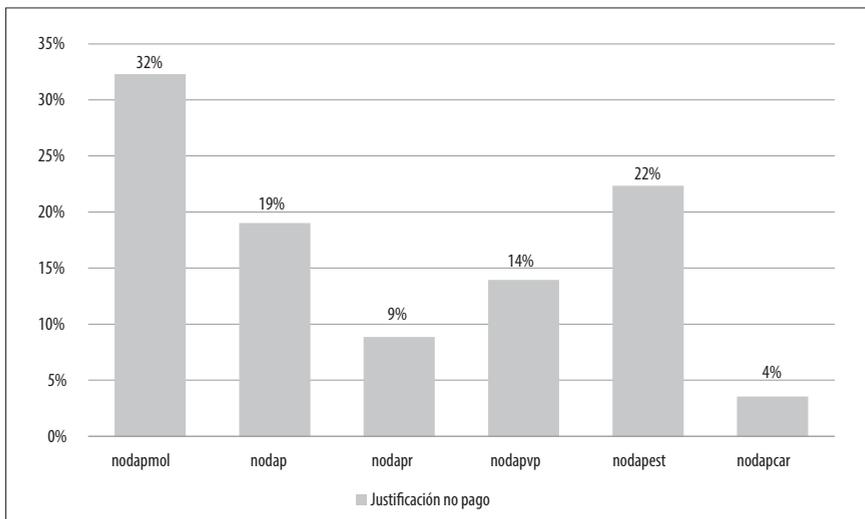


Fuente: elaboración propia

Por otra parte, según las justificaciones de los hogares a la respuesta de no pago (ver gráfico 3), se pueden diferenciar dos categorías: la primera agrupa los hogares que están efectivamente dispuestos a pagar cero pesos, cuyas respuestas se consideran como ceros legítimos, y la segunda agrupa los hogares que no están dispuestos a pagar y su justificación está relacionada con una razón de protesta. Dentro de los ceros legítimos está la respuesta de no pago por la reducción de ruido debido a la no percepción de molestia (nodapmol). Esta respuesta tiene una participación del 32 % dentro de las justificaciones al no pago. Este resultado concuerda con el resultado obtenido por Lambert, Poisson y Champlovier (2001) donde 48 % de los

encuestados que no estuvieron dispuestos a pagar justificaron su decisión en la no percepción de molestia asociada al ruido por tráfico. De otro lado, la segunda respuesta asociada a un cero legítimo es la no disponibilidad de recursos del hogar (nodap), con una participación del 19 % dentro de las respuestas al no pago. Por su parte, los ceros de protesta están asociados a las siguientes razones: 1. Porque la alternativa de reducción de ruido no les parece eficiente (nodapr), 2. Porque no están dispuestos a pagar más impuestos (nodapvp), 3. Porque el Estado debe pagar (nodapest) y 4. Porque deben pagar los que contaminan (nodapcar) ⁹. A partir de estas alternativas de respuesta, la razón de protesta más frecuente con un 22 % es que el Estado es el llamado a asumir el pago por la reducción del ruido por tráfico vehicular.

Gráfico 3. Justificación del no pago por la reducción de ruido por tráfico



Fuente: elaboración propia

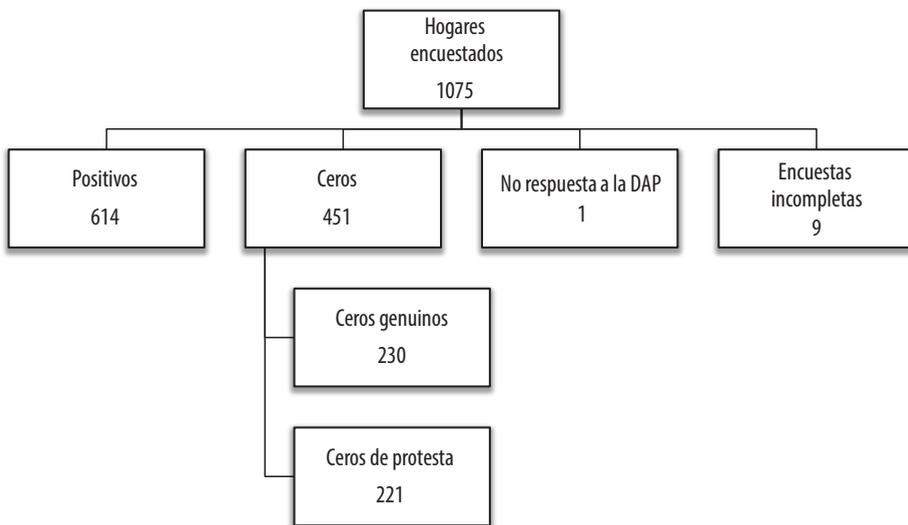
En este sentido, en el estudio de Bjorner, Lundhede y Kronbak (2003), que se basó en un escenario de reducción de ruido similar al presente estudio, plantean que la respuesta de rechazo más común estuvo asociada al modo de pago; el 31 % dentro de los encuestados no estaban dispuestos a pagar tasas adicionales. Del mismo modo, Lambert, Poisson y Champlovier (2001) establecen que las preguntas de rechazo más usuales se asociaron al modo de pago (impuestos) con un 47 %.

⁹ La eficiencia de la medida de mitigación se analiza a partir de la efectividad que tenga para la reducción de los niveles de ruido por tráfico vehicular.

En el gráfico 4 se presenta información de las respuestas al escenario de pago por el cambio en la calidad acústica y reducción de molestia. Se observa que de las 1200 encuestas planeadas, se obtuvieron 1075 hogares encuestados, de los cuales 1065 fueron observaciones válidas. Además, se presentaron 614 (57,7 %) respuestas positivas de disponibilidades a pagar, y 451 observaciones de respuestas negativas (ceros) al pago por la reducción de la molestia. De estos ceros, 230 (51 %) son considerados ceros genuinos y 221 (49 %) ceros de protesta. Adicionalmente, hay una observación que no dio respuesta a la pregunta de la DAP y nueve encuestas incompletas en información relevante.

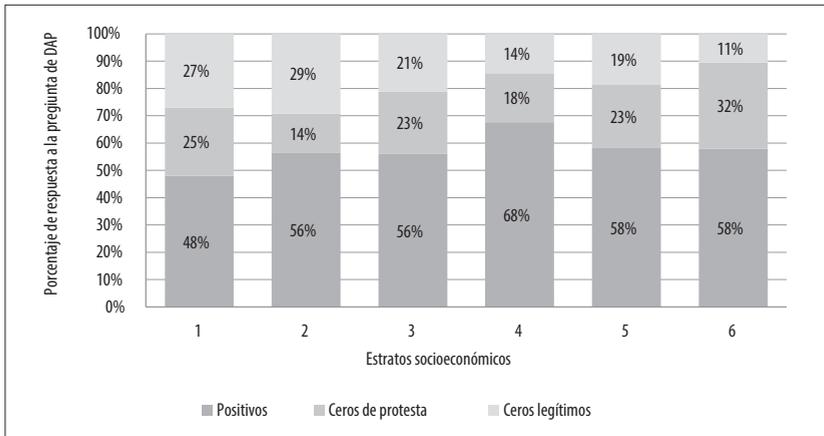
Si se cruzan las respuestas de la DAP con la estratificación socioeconómica de la muestra, se observa que la aceptación a los valores propuestos de DAP aumenta a medida que es mayor la estratificación de la vivienda del hogar entre el estrato uno y el estrato cuatro, donde cambia de comportamiento y se ve reducido para los estratos 5 y 6 (ver gráfico 5). Este comportamiento puede explicarse porque los menores niveles de ruido y de molestia fueron reportados en las zonas de estrato 5 y 6, por lo que es coherente que la DAP presente alguna reducción y se registren incrementos del porcentaje de personas que no están dispuestas a pagar por reducir los niveles de ruido por tráfico.

Gráfico 4. Descripción de respuestas al escenario de disponibilidad a pagar por reducir el ruido por tráfico vehicular



Fuente: elaboración propia

Gráfico 5. Participación de la DAP por estrato socio económico



Fuente: elaboración propia

Con respecto a la DAP promedio por estrato se tiene que el valor económico de disposición a pagar es creciente del estrato 1 al estrato 4. Para el estrato 5 se observa una disminución en el valor promedio que las personas están dispuestas a pagar en comparación con el estrato anterior y finalmente se encuentra que el estrato con la mayor disponibilidad media a pagar es el 6 con un valor de 10.395 pesos colombianos, seguido por el estrato 4 con 6.234 pesos colombianos, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Disposición media a pagar (DAP) por estrato

Estrato	DAP promedio (Dólares) ¹	DAP promedio (Pesos Col)
1	\$2.13	\$3990
2	\$2.50	\$4 669
3	\$2.96	\$5523
4	\$4.16	\$7766
5	\$3.34	\$6.234
6	\$5.56	\$10.395

Fuente: Elaboración propia

4.1. Estimaciones de los modelos de disponibilidad a pagar

Los resultados de las estimaciones econométricas de la disponibilidad a pagar son presentados en la tabla 4. En el primer modelo se estima la ecuación (1), donde se incluyen como variables independientes solo las variables dummies que explican

los diferentes niveles de molestia, es decir, se corre el modelo sin constante. Los coeficientes estimados de las variables son interpretados como el promedio de disponibilidad a pagar trimestral por hogar en pesos colombianos para cada nivel de molestia. Todas las variables dummies tienen un impacto positivo sobre la disponibilidad de pago por reducción de ruido por tráfico vehicular con un nivel de significancia de 1 %. Además, se observa que la DAP aumenta conforme es mayor el nivel de molestia, lo cual es el comportamiento esperado y observado en el análisis estadístico. En los intervalos de confianza al 95 % para la DAP, por cada nivel de molestia, se resalta que hay situaciones en las que los intervalos se sobrepone uno a otro, en especial cuando están contiguos los niveles de molestia.

$$DAP = \delta_1 nmoles + \delta_2 lmoles + \delta_3 momoles + \delta_4 mumoles + \delta_5 exmoles \tag{1}$$

La tabla 4 también presenta otros dos modelos para estimar la disponibilidad a pagar de los hogares que incluyen variables de características socioeconómicas. El modelo 2 es un modelo estimado por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y el modelo 3 un modelo Tobit censurado en cero. El tercer modelo se estima ya que los parámetros del modelo por MCO pueden estar sesgados por no tener en cuenta la censura en cero de los datos. Los modelos presentados en las tablas son los mejores modelos estimados¹⁰. En ambos modelos, la DAP aumenta a medida que aumenta el ingreso. Asimismo, la disponibilidad a pagar es significativamente alta cuando el hogar manifiesta que el ruido causa problemas para ver televisión (**vertv**) y de igual forma cuando el nivel de estudios del entrevistado es superior a 11 años (**niveledu**). Ahora bien, la DAP se reduce significativamente entre mayor sea el número de individuos que componen el hogar y si el entrevistado reside en las zonas centro y norte de la ciudad de Medellín. Luego, en el modelo 2 la variable edad revela que entre más años tiene el entrevistado menor es su disponibilidad de pago por reducir la molestia del ruido. La única variable no significativa en los modelos fue **tvivienda** que diferencia a las viviendas entre casas y apartamentos.

Tabla 4. Modelo de disponibilidad a pagar

Variable	Modelo 1				Modelo 2				Modelo 3			
	Coeficiente	Desv. Est.	Intervalo de Confianza		Coeficiente	Desv. Est.	Intervalo de Confianza		Coeficiente	Desv. Est.	Intervalo de Confianza	
			(95%)				(95%)				(95%)	
nmoles	4598***	532.43	3223.00	5972.12								
lmoles	4850***	504.49	3547.93	6152.80	509.293	667.62	-801.14	1819.72	604.06	939.8841	-1240.765	2448.887

10 En el anexo B se presentan los resultados de algunas de las pruebas de robustez de los modelos econométricos.

Valoración económica de la reducción del ruido por tráfico vehicular: una aplicación para Medellín (Colombia)

(continuación tabla 4)

Variable	Modelo 1				Modelo 2				Modelo 3			
	Coeficiente	Desv. Est.	Intervalo de Confianza		Coeficiente	Desv. Est.	Intervalo de Confianza		Coeficiente	Desv. Est.	Intervalo de Confianza	
			(95%)				(95%)				(95%)	
momolesto	7631***	371.57	6670.63	8591.27	2134.228***	603.74	949.19	3319.27	3359.22***	832.2837	1725.596	4992.847
mumolesto	8278***	429.52	7168.89	9386.66	2626.502***	649.45	135174	3901.26	384286**	890.6817	2094.613	5591.114
exmolesto	8671***	493.79	7396.51	9946.15	2836.516***	701.03	1460.51	4212.53	3887.73***	958.2661	2006.820	5768.633
vertv					1023.124**	405.47	227.25	1819.00	1630.1***	544.4545	561.430	2698.766
edad					-70.288***	11.97	-93.79	-46.79				
niveledu					1910.984***	446.78	1034.03	2787.94	3540.61***	56161.64	2438.258	4642.965
tvivierda					-821.509	598.76	-1996.78	353.76	-1438.58*	801.2008	-3011.192	134.038
ingreso					0.001***	0.002	0.001	0.002	0.001***	0.000215	0.001	0.002
centro					-952.386**	471.17	-1877.22	-27.56	-1571.92**	636.9568	-2822.156	-321.689
norte					-1187.311***	461.29	-2092.74	-281.88	-1352.33**	617.1249	-2563.634	-141.020
npers					-247.69**	106.35	-456.43	-38.35	-93.94	141.2548	-371.202	183.314
constan					8146.039***	1117.08	5953.41	10338.67	1958.77*	1170.117	-337.960	4255.507
Numero de	844				842				842			
Pseudo R2	0.5994				0.2458				0.0157			
Log likelihood									-6496.2712			

Nota: Las estimaciones se realizaron en el programa STATA 11. Se muestran los niveles de significancia de la siguiente manera: * $p \leq 0,10$; ** $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,01$.

Fuente: elaboración propia

La disponibilidad a pagar por reducción del ruido para cada nivel de molestia también se presenta en los modelos 2 y 3 en los coeficientes de las categorías de molestia. Ambos modelos tienen estimaciones de la DAP muy inferiores a las del modelo 1 debido a que la inclusión de variables socioeconómicas corrige la estimación de la disponibilidad a pagar de las diferencias entre las DAP que surgen por las diferencias en la distribución de las características socioeconómicas entre los entrevistados con diferentes niveles de molestia.

Al igual que en los resultados de los modelos estimados por Bjorner, Lundhede y Kronbak (2003), al incluir la variable *decibeles de ruido* (dbsd) como variable explicativa, en conjunto con las variables de los niveles de molestia, esta resulta no significativa y el modelo presenta problemas de multicolinealidad. Si las variables dummies de molestia se omiten se mejora la significancia de la variable ruido. Sin embargo, las pruebas de significancia y de ajuste en los modelos sugieren que es mejor el modelo que excluye la variable ruido y se estima con las variables de los niveles de molestia.

4.2. Estimación de la DAP por la reducción de decibeles de ruido por tráfico vehicular

Al combinar la información de la encuesta socio-acústica y las respectivas estimaciones de las probabilidades de molestia para cada decibel con la información de la disponibilidad media a pagar por la reducción del ruido por tráfico vehicular de los residentes urbanos de la ciudad de Medellín, se puede estimar la disponibilidad media a pagar de los hogares por una reducción en el ruido y así obtener un indicador de los beneficios económicos que percibe la sociedad o los habitantes de una zona específica donde se desarrolle un proyecto, programa o política que tenga como objetivo una reducción de las emisiones de ruido por tráfico vehicular.

A continuación, en la línea del trabajo de Bjorner (2004), se presenta la ecuación (2), la cual permite calcular la DAP esperada (DAPe) por una reducción en la exposición de los decibeles de ruido de dBx a dBy dado un número de hogares beneficiados. La ecuación es la siguiente:

$$DAP_e = \left[\sum_{k=1}^5 (P_k^{dBx} - P_k^{dBy}) \times DAP_k \right] \times N \quad (2)$$

Donde k es el nivel de molestia, P_k^{dBx} es la probabilidad de molestia k en el nivel inicial de decibeles de ruido dBx, P_k^{dBy} es la probabilidad de molestia k en el nivel final de decibeles de ruido dBy, DAP_k es la media de la disponibilidad a pagar para cada nivel de molestia y N es el número de hogares beneficiados.

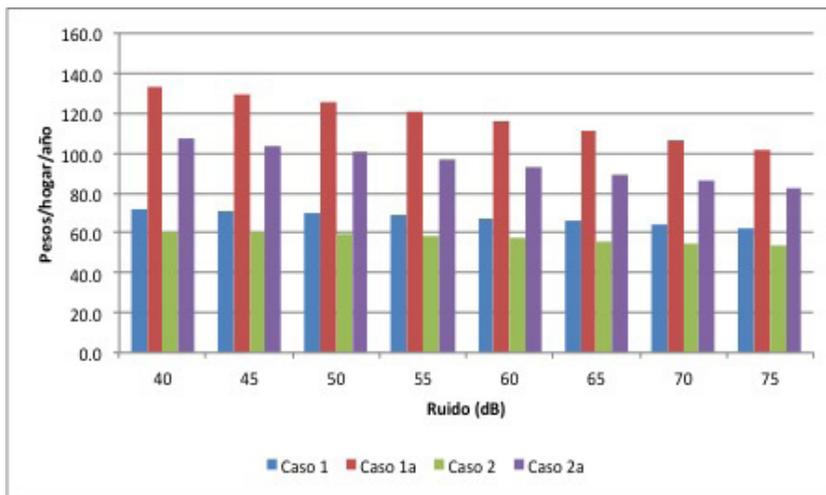
La ecuación (2) es aplicada para calcular la disponibilidad a pagar esperada por hogar por la reducción de un decibel en los diferentes niveles de molestia. A partir de estos resultados se construye el gráfico 6, donde se presentan las disponibilidades a pagar esperadas por la reducción de un decibel a partir de dos tipos de relaciones de exposición-molestia: con la inclusión o con la no de las variables socioeconómicas. Por tanto, el gráfico 6 presenta cuatro casos: caso 1. Para el cálculo de la DAP esperada se considera la disponibilidad a pagar en el nivel *nada molesto*; el caso 1a, donde para el cálculo de la DAP esperada se considera la disponibilidad a pagar igual a cero en el nivel *nada molesto*; el caso 2. Para el cálculo de la DAP esperada se incluyen las variables socioeconómicas así como la DAP de la calificación *nada molesto* y, por último, el caso 2a, donde para calcular de la DAP esperada se incluyen las variables socioeconómicas pero se considera la DAP de la calificación *nada molesto* igual a cero.

La primera barra del gráfico 6 representa el caso 1 donde la DAP esperada se calcula utilizando el modelo 1 de la tabla 4, es decir, sin utilizar las variables socioe-

conómicas en la relación exposición-molestia. En este primer caso, la reducción de un decibel no supera los \$80/año/hogar. La DAP esperada es, en general, constante a medida que se aumentan los decibeles como nivel inicial de exposición. No obstante, si se observa la segunda barra (caso 1a), donde la DAP esperada por la reducción de un decibel se calcula por medio del mismo modelo 1 pero se considera la DAP igual a cero de la calificación *nada molesto*, se encuentra una DAP mucho mayor, que está cercana a los 140 pesos colombianos por hogar y con tendencia a reducirse hasta los 100 pesos colombianos cuando se está en un nivel de exposición al ruido cercano a los 75 dB(A).

Las disponibilidades a pagar del caso 1a son mayores que las disponibilidades a pagar del caso 1, porque la probabilidad de considerar el ruido *nada molesto* aumenta cuando se reduce un decibel de ruido y, en consecuencia, el cambio de la probabilidad de *nada molesto* también aumenta. Lo anterior tiene un efecto negativo en la disponibilidad a pagar por disminuir la molestia al tener un decibel de ruido menos de exposición.

Gráfico 6. Disponibilidad a pagar por hogar al año por la reducción de un dB(A)



Fuente: elaboración propia

Las dos últimas barras muestran la DAP esperada por la reducción de un dB(A) cuando la relación exposición-molestia está basada en el modelo 2 de la tabla 4, el cual tiene en cuenta las variables socioeconómicas. De forma similar a los dos primeros casos, el caso 2a que no incluye la DAP de la categoría de *nada molesto* da como resultado una DAP esperada mayor que el caso 2 que sí incluye la DAP de

esta calificación. No obstante, si se comparan cuatro casos (1, 1a, 2 y 2a) las DAP esperadas de los casos 1 y 1a son mayores a las de los casos 2 y 2a. Es decir, la inclusión de las variables socioeconómicas en la relación exposición-molestia reduce las estimaciones de las DAP esperadas por la reducción de un dB(A) de ruido.

Ahora, con el propósito de ir más allá de la evaluación de la reducción en un dB(A) de ruido, en lo que sigue se presenta la forma de evaluar un proyecto puntual de reducción de ruido. Para esto se siguen los pasos propuestos por Navrud (2002) y Bjorner, Lundhede y Kronbak (2003), en los cuales plantean algo similar a la aplicación de la (2) para más decibeles. El esquema propuesto es:

1. Determinar la reducción de las emisiones de ruido que puede ser lograda con el proyecto planteado.
2. Aplicar un modelo de dispersión de ruido para determinar el cambio en la exposición. Por ejemplo, determinar el número de casas para las cuales el ruido será reducido y el respectivo cambio en los decibeles para cada una de ellas.
3. A partir de la relación exposición-respuesta, calcular el impacto en los niveles de molestia por cambio en los decibeles.
4. Calcular la disponibilidad a pagar por el cambio en los niveles de ruido. Esto se logra al multiplicar el cambio en la molestia esperada por las diferentes DAP para el nivel de molestia respectivo.

De esta forma, al suponer un proyecto que logra reducir la exposición de un hogar al ruido de un nivel de 60 dB(A) a un nivel de 55 dB(A), se obtienen las probabilidades de las diferentes molestias para ambos niveles de ruido, las cuales se presentan en la tabla 5. Para la evaluación de un programa o proyecto para la ciudad de Medellín, se propone no incluir la calificación de nada molesto, debido a que la DAP de esta categoría es muy alta por el alto comportamiento altruista observado y, por tanto, al incluirla en la evaluación de una posible reducción en el ruido, esto genera que aumente su probabilidad de ocurrencia y, por tanto, castiga de forma importante la disponibilidad a pagar y la estimación de los beneficios económicos. Se observa que la reducción en los decibeles de ruido disminuye la probabilidad de molestia para las calificaciones de *extremadamente molesto* y *muy molesto*, y aumenta las probabilidades de las calificaciones de *ligeramente molesto* y *moderadamente molesto*. Estas probabilidades son estimadas a partir de la relación exposición-respuesta. Al multiplicar este cambio en la probabilidad de molestia por la disponibilidad media a pagar estimada se determinan que los beneficios económicos anuales esperados por hogar por la ejecución de este proyecto, el cual reduce el ruido en 5 dB(A), ascienden a 565 pesos colombianos del 2012.

Tabla 5. Cambio en la probabilidad de molestia y la DAP por reducción de 5 decibeles para un hogar expuesto a 65 dB(A) de ruido

Molestia	Ligeramente Molesto	Moderadamente Molesto	Muy Molesto	Extremadamente Molesto	DAP (\$ colombianos)
Probabilidad de molestia 65dB(A)	0,148	0,296	0,235	0,205	
Probabilidad de molestia 60dB(A)	0,156	0,299	0,228	0,188	
Cambio en la probabilidad	-0,008	-0,004	0,007	0,017	
Valores en pesos colombianos	19.400	30.524	33.112	34.684	
DAP por reducción de ruido	-157,33	-111,94	238,24	596,46	565,43

Fuente: elaboración propia

De otro lado, si se considera que la reducción del ruido es generalizada para todos los niveles de exposición al ruido y no solo para el nivel de 65 dB(A), los beneficios sociales asociados a la reducción de 5 decibeles de ruido por tráfico vehicular pueden calcularse al estimar en el modelo 2 de exposición-molestia el cambio discreto en la probabilidad de cada molestia por una reducción de 5 decibeles. Esto se presenta en la fila 2 de la tabla 6. Al multiplicar este cambio en la probabilidad estimada por la disponibilidad a pagar media por hogar se obtiene un valor de la disponibilidad a pagar por reducir 5 decibeles de 602 pesos colombianos. Si se considera ese valor, y se supone que los hogares beneficiados con el proyecto de reducción de ruido son los 661.193 hogares de la ciudad de Medellín, los beneficios económicos agregados de este proyecto ascenderían a 397 millones de pesos colombianos al año¹¹.

Tabla 6. Cambio en la probabilidad de molestia y la DAP promedio por reducción de 5 decibeles para todos los niveles de exposición al ruido

Molestia	Ligeramente Molesto	Moderadamente Molesto	Muy Molesto	Extremadamente Molesto	Suma (en \$ colombianos)
Cambio en la probabilidad de molestia	-0,008	-0,002	0,008	0,016	
Valores en pesos colombianos	19.400	30.524	33.112	34.684	
DAP por reducción de ruido (en pesos colombianos)	-151,62	-61,81	267,62	547,41	601,61

Fuente: elaboración propia

11 Este es el número de hogares sin tener en cuenta los corregimientos del Municipio, Encuesta de calidad de vida. Departamento administrativo de planeación. Alcaldía de Medellín (2010).

Este valor de la DAP por \$ 601,6 puede parecer ser bajo si se consideran los altos costos que puede implicar un proyecto de reducción de ruido. Sin embargo, se plantea que es un pago anual por hogar y que corresponde a los beneficios por reducción de la molestia ocasionada solo por dos tipos de fuentes: ruido por frenado y ruido por aceleración de los vehículos. Estos resultados y las estimaciones desarrolladas generan conocimiento que facilita la toma de decisiones en el marco de políticas regionales e incluso nacionales. En la siguiente sección se presentan las principales conclusiones del estudio.

5. CONCLUSIONES

En primer lugar, en esta investigación se ha evidenciado que, en promedio, el 57 % de la población encuestada (614 respuestas positivas de un total de 1075 encuestados) tiene una disposición a pagar positiva por la implementación de un programa que tenga como objetivo la reducción del ruido generado por el tráfico vehicular en la ciudad de Medellín. En particular, debe resaltarse que de las 614 respuestas positivas el 36 % corresponde a respuestas altruistas, esto es, 219 encuestados reportaron comportamientos de altruismo ya que su disposición a pagar positiva estaba basada el argumento de que estaban dispuestos a contribuir con la reducción de la molestia que les causa el ruido a las otras personas o porque o les gustaba contribuir con buenas causas. Por tal motivo, es claro que programas y proyectos que tengan como una de sus metas la reducción de emisiones de ruido por tráfico vehicular aportan al incremento del bienestar social en la ciudad de Medellín.

Por otra parte, es claro las variables socioeconómicas pueden ser un elemento importante para explicar el 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. Lo anterior es un punto de 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 solo 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.

A partir de las conclusiones del estudio, se establecen algunas recomendaciones importantes para mejorar la comprensión del problema ambiental y social que ocasiona el ruido por tráfico vehicular. De esta forma se puede fortalecer la toma de decisiones en términos de política y de proyectos que tengan como objetivo central enfrentar esta problemática.

En primer lugar, si bien a partir de la aplicación de la metodología de valoración contingente en conjunto con el análisis socio-acústico, se logró una adecuada estimación de los beneficios económicos de la reducción del ruido por tráfico vehicular para la ciudad de Medellín, se propone realizar otros estudios que permitan complementar los resultados obtenidos. En este sentido, la utilización de otros métodos de valoración económica con los cuales se pueda estimar el impacto económico sobre la infraestructura, como es el caso del método de precios hedónicos, y así como el impacto directo sobre la salud - por medio de métodos como el de función de salud y el de cambio en la morbilidad - pueden aportar información económica relevante para establecer un análisis económico que brinde un fundamento técnico para la toma de decisiones encaminadas a establecer programas y proyectos que busquen disminuir los niveles de emisión de ruido de la ciudad de Medellín y, en general, de las ciudades en Colombia.

Por otra parte, se recomienda implementar un sistema de monitoreo y vigilancia del ruido por tráfico vehicular, de modo que permita construir los mapas de ruido de esta fuente, mejorar la identificación y el establecimiento de las áreas críticas, y contar con información para analizar su evolución. Asimismo, 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. Por otro lado, esta base de datos permite mejorar las estimaciones de los beneficios o costos económicos que genera el ruido por tráfico vehicular.

Finalmente, para que los estudios de valoración económica del ruido en el país tengan una importancia real, en la búsqueda del mejoramiento del bienestar social de las ciudades, se requiere mejorar la gestión pública en torno al problema ambiental del ruido por tráfico vehicular. Para esto se propone establecer un programa integral de gestión de la reducción del ruido por tráfico vehicular (obviamente vinculado a un plan de reducción del ruido en general) el cual debe partir por implementar un sistema de monitoreo y vigilancia, ya mencionado anteriormente, seguido de un estudio de percepción de molestia en los ciudadanos de la localidad de estudio, determinado mediante encuestas de campo, bajo los lineamientos de la encuesta socio acústica establecida en esta investigación. A partir de lo anterior deberá impulsarse una campaña, liderada por las autoridades ambientales locales, 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

- Alcaldía de Medellín (2010). Viviendas residenciales estratificadas por comuna y barrio, según estrato. Secretaría de Planeación, Subdirección Metroinformación. Consultado el 1 de febrero de 2012.
- AMVA -Área Metropolitana del Valle de Aburrá- (2008). Gestión para la prevención y mitigación del ruido urbano. Informe Final. Convenio 543 de 2008, 179p.
- 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 Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 287p.
- Barreiro, Jesús; Sánchez, Mercedes y Viladrich-Grau, Montserrat (2005). How Much Are People Willing to Pay for Silence? A one and one-half -bound DC VC estimate. Business Management Department and Economics Department, Universidad de Navarra, 37p.
- Bateman, Ian J.; Day, Brett H.; Lovett, Andrew A. y Lake, Iain R. (2000). Assigning a Monetary value to noise reduction benefits; an example from the UK. London, *Center for Social and Economic Research on the Global Environment University of East Anglia And University College*.16p.
- Bjorner, T.B., Lundhede, T. y Kronbak, J. (2003) Valuation of Noise Reduction – Comparing results from hedonic pricing and contingent valuation. AKF Forlaget, October 2003, Copenhagen, Denmark, 148p.
- Bjorner, Thomas (2004). Combining socio-acoustic and contingent valuation surveys to value noise reduction. En: Transportation Research Part D. Vol. 9, p. 341-356.
- Bluhm, G; Nordling, E. y Berglind, N. (2004). Road traffic noise and annoyance – An increasing Environmental Health problema. En: *Noise & Health*. Vol. 6. No. 24, pp. 43-49.
- Brandt, Sebastian y Maennig, Wolfgang (2011). Road noise exposure and residential property price: Evidence from Hamburg. En: Transportation Research Part D, vol. 16, No. 1, p. 23-30.
- Clark, David (2006). Externality Effects of Residential Property Values: The Example of Noise Disamenities. En: Growth and Change, Vol. 37, No. p. 460-488.
- Echeverri, Carlos (2009). Diseño de la red de vigilancia de ruido para los municipios que conforman el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En: *Revistas Ingenierías Universidad de Medellín*, Vol.8, No. 4, p. 22-38.
- Echeverri, Carlos; Murillo, Diego y Valencia, Germán (2011). Simulación del ruido de tránsito automotor como herramienta para el rediseño de rutas de transporte público colectivo en el municipio de Medellín. En: *Revista Ingenierías*, Vol. 10, No. 8, p. 19-30.

- ISO (2003). Assessment of noise annoyance by means of social and socioacoustic surveys. ISO Technical Standard 155666: 2003. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 240p.
- Klæboe, R. (2003) Noise annoyance, stress and health effects. En: The Journal of Aviation Environment Research Supplement Vol. 7, p. 48–51.
- Lambert, J.; Poisson, F. y Champlovier, P. (2001). Valuing benefits of road traffic noise abatement programme: A contingent valuation study. INRETS-LTE, *Bron*, France. Paper presented at the 17th international congress on acoustics, 2p.
- Li, H.N.; Chau, C.K.; Tse, M.S. y Tang, S.K. (2009). Valuing road noise for residential in Hong Kong. En: Research Transportation Part D. Vol.14, No. 4, p. 264-271.
- Máca, V y Urban, J. (2010) Transportation noise annoyance: a willingness-to-accept. Scenario, working paper. Consultado el 1 de febrero de 2012.
- Marmolejo Duarte, C. (2008). La incidencia de la percepción del ruido ambiental sobre la formación espacial de los valores residenciales: un análisis para Barcelona. Pontificia Universidad Católica de Chile. En: Revista de la Construcción, Vol. 7, No.1, p. 4-19.
- Miedema, H y Oudshoorn, C. (2001). Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. En: Environmental Health Perspectives, No. 109, p. 409-417.
- Navrud, S. (2002) The State-of-the-Art on Economic Valuation of Noise. Department of Economics and Social Sciences. Agricultural University of Norway. 68p.
- Navrud, S.; Traedal, Y.; Hunt, A.; Longo, A.; Grebmann, A.; Leon, C.; Espino, R.; Markovits-Sogyi, R. y Meszaros, F. (2006). *Developing Harmonised European Approach for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO): Economic values for key impacts valued in the Stated Preference Surveys*, Contract No. FP6-2002-SSP-1/502481, Norway, European Commission EC-DG TREN, 176p.
- Navrud, Stales (2000). Valuation Techniques and Benefit Transfer Methods: Strengths, Weaknesses and Policy Utility. Valuation Rural amenities.
- OMS -Organización Mundial de la Salud- (1999). Guidelines for Community Noise, Ginebra, p. 250-275.
- Ortega B., Mariela y Cardona M., Juan Mario (2005). Metodología para evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín. En: *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, Vol. 23, No. 2, p. 70-77.
- Saz, Salvador (1999). Valorando los efectos externos negativos de una infraestructura de transporte: ruido y alteración del paisaje. Instituto de economía internacional, Valencia, España: 40p.
- Shepherd, Daniel; Welch, David; Dirks, Kim N. y Mathews, Renata (2010). Exploring the Relationship between Noise Sensitivity, Annoyance and Health-Related Quality of Life in a Sample of Adults Exposed to Environmental Noise. International. En: Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 7, p. 3579-3594.
- Stone, Evelyn (1988) American psychiatric glossary. 6th ed. American Psychiatric Press: Washington, D. C., 111p.

- Uyego, D., Hamilton, S. D. y Biggs, A. J. G. (1993). Density of land use and the impact airport noise. En; Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 27, p. 3-18.
- Vélez, Ligia y Espinosa, Guillermo (2008). Afectación de la contaminación por ruido en el desarrollo urbano. Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) VII Seminario Nacional de investigación Urbano-regional, Medellín Colombia, 11p.
- Wilhelmsson, Mats. (2000). The Impact of Traffic Noise on the Values of Single-Family Houses. En: Journal of Environmental Planning and Management. Vol. 43, No. 6, p. 779-815.
- Yepes, Dora; Gómez, Miryam; Sánchez, Luis y Jaramillo, Ana (2009). Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano – Caso Medellín. En: Revista Dyna, Universidad Nacional de Colombia, No 158, p. 29-40.

Anexo A. Formato de encuesta

Encuesta de Valoración Económica																																								
A. Datos de control																																								
Nombre del encuestador:	Nro. Enc:	Barrio:																																						
Fecha de realización:	Hora inicio		a.m.	p.m.																																				
Dirección:	Hora final		a.m.	p.m.																																				
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 tal 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, pues los resultados de la investigación serán utilizados para tomar decisiones en el futuro sobre las medidas de reducción de ruido para la Ciudad. 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 style="text-align: center;"><i>Recuerde que la información suministrada es estrictamente confidencial, solo será usada con fines académicos.</i></p>																																								
B. Preguntas generales																																								
<p>1. Cuanto tiempo lleva viviendo en esta casa?</p> <p>Meses <input style="width: 40px;" type="text"/> Años <input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p>2. Aproximadamente cuanto tiempo permanece al día</p> <p style="text-align: center;">Horas Horas</p> <p>En semana <input style="width: 40px;" type="text"/> Fin de semana <input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p>3. Actualmente, hay personas en su hogar que no poseen buena salud?</p> <p>Si <input type="checkbox"/> Cuantos? <input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>4. La vivienda ocupada por este hogar es</p> <p>Propia <input type="checkbox"/> Arrendada <input type="checkbox"/></p>	<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. (Presentar tabla de calificación según grado de molestia)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Sí</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">No</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Cl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 Tráfico vehicular</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>2 Gente en la calle</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>3 Vecinos</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>4 Es tablecimientos comerciales</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>5 Fábricas</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>6 Construcciones en la zona</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>7 Otro, cuál? _____</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>_____</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> </tbody> </table> <p>Califique (Cl) Si el encuestado no percibe molestia relacionada con las fuentes mencionadas (responde No, o califica con 1 a todas las opciones), pase a la pregunta 7. Caso contrario, continúe con la introducción al problema ambiental y la pregunta 8.</p>					Sí	No	Cl	1 Tráfico vehicular				2 Gente en la calle				3 Vecinos				4 Es tablecimientos comerciales				5 Fábricas				6 Construcciones en la zona				7 Otro, cuál? _____				_____			
	Sí	No	Cl																																					
1 Tráfico vehicular																																								
2 Gente en la calle																																								
3 Vecinos																																								
4 Es tablecimientos comerciales																																								
5 Fábricas																																								
6 Construcciones en la zona																																								
7 Otro, cuál? _____																																								

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 style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">X</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Cl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 Basura</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>2 Ruido</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>3 Contaminación del aire</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>4 Problemas de aguas negras</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>5 Otros problemas, cuáles? _____</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>_____</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td>_____</td><td style="border: 1px solid black;"></td><td style="border: 1px solid black;"></td></tr> </tbody> </table>		X	Cl	1 Basura			2 Ruido			3 Contaminación del aire			4 Problemas de aguas negras			5 Otros problemas, cuáles? _____			_____			_____			<p>7. Por qué no le molesta el ruido generado por las diferentes fuentes mencionadas?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Presentar la introducción al problema ambiental y pasar a la pregunta de valoración económica.</p>															
	X	Cl																																						
1 Basura																																								
2 Ruido																																								
3 Contaminación del aire																																								
4 Problemas de aguas negras																																								
5 Otros problemas, cuáles? _____																																								

Introducción problema ambiental

Por favor escuche la siguiente información y conteste las preguntas que se formulan a continuación.

El aumento de los niveles de ruido en las áreas urbanas se considera un problema ambiental para las ciudades, principalmente en zonas residenciales. 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.

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.

	Cl
1 Carros pesados (Volquetas, camiones)	
2 Transporte público (Buses, taxis y metro)	
3 Carros particulares	
4 Motocicletas	
5 Alarma de los carros	
6 Pito 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 (Cl)

9. Califique (Cl) 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)

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

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

	Semana	Fin de semana
	Cl	Cl
1 Día		
2 Noche		

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

1 Ver televisión/ escuchar la radio /escuchar música	
2 Mantener un conversación (incluye conversación telefónica)	
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 Continúe con la pregunta 13
 No Continúe 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 Inst. de doble ventana	\$
4 Tapones para los	\$
5 Reubicar las habitaciones que se encuentran lindando con las vías	\$
6 Otras, ¿cuáles?	\$

Ins: Insonorización, Inst: Instalación. 1. Modificaciones en toda la vivienda (Muros y ventanas) 2. Modificaciones solo en las habitaciones 3. Modificaciones en los vidrios de las ventanas.

D. Escenario de valoración

A partir 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 buscan reducir el ruido en la ciudad. En este sentido, se prevé la implementación de un tipo de superficie, compuesta por un material absorbente (cemento asfáltico) 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, suciedad, 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 tendrán 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 disminuye 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. Está usted dispuesto a pagar \$6000 pesos trimestrales para reducir de manera permanente la molestia generada por el ruido?

(Preguntar todos los valores que presenta la tabla, por favor marcar con X cada una 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 esta 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 Percibe 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 por ruido
- 4 No esta 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 los años de educación. Si lo está cursando indique cuántos Años cursados)

	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	<input type="checkbox"/>
2 Trabajador independiente	<input type="checkbox"/>
3 Pensionado	<input type="checkbox"/>
4 Estudiante	<input type="checkbox"/>
5 Ama de casa	<input type="checkbox"/>
6 Busca trabajo/desempleado	<input type="checkbox"/>
7 Otro ¿cuál?	<input type="checkbox"/>

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?

Sí No

No. de vehículos

Motocicleta

Carro

No Continúe con la pregunta 24

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 (\$566.700)

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

3. Entre (2) y (3) salarios mínimos (\$1.700.100)

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

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

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

27. Aproximadamente a cuánto ascienden los gastos

\$ _____

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

1 Transtornos en el sueño

2 Estrés

3 Cansancio

4 Ansiedad

5 Pérdida de audición

6 Vértigos

7 Nerviosismo

8 Mal humor

9 Ninguna de las anteriores

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

Sí No

30. Tipo de vivienda

No. de pisos

1 Casa

2 Apartamento

31. ¿Cuál es el material predominante 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? (Excluya cocina, baños, garajes).

1 Cuartos

2 Sala

<p>33. ¿Cuántos de los cuartos de su hogar están contiguos a una calle, avenida o vía? Número de cuartos <input style="width: 50px;" type="text"/></p>	<p>H. Finalización de la encuesta</p>
G. Información de la vivienda	<p style="text-align: right;">F PD D</p> <p>37. ¿Qué tan difícil fue para usted, responder a la pregunta del pago por la reducción de la molestia generada por el ruido por tráfico vehicular? <input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text"/></p>
<p>34. ¿Cuántas personas duermen en esos cuartos? No. de personas <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>35. ¿Cuántos miembros componen su hogar? (Incluido usted) Nro. Menores de 10 años <input style="width: 50px;" type="text"/> Mayores de 60 años <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>36. ¿Cuál es el estrato socioeconómico de su hogar? 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/></p>	<p style="text-align: right;">F PD D</p> <p>38. ¿Qué tan difícil fue para usted responder al resto de la encuesta? <input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text"/></p> <p style="text-align: center;"><i>Fácil (F), un poco difícil (PD), Difícil (D)</i></p> <p style="text-align: center;">¡Muchas gracias por su colaboración!</p>

Calificación de molestia	
1	Nada molesto
2	Ligeramente molesto
3	Moderadamente molesto
4	Muy molesto
5	Extremadamente molesto

Respuestas pregunta DAP	
DS	Definitivamente si
PS	Probablemente si
NO	No sabe
PN	Probablemente no
DN	Definitivamente no

Anexo B. Pruebas de robustez de los modelos econométricos

Los modelos presentados en la tabla 4 son los mejores modelos estimados, para lo cual se utilizó el test de especificación linktest (Stata 11), las pruebas AIC y BIC, pruebas de significancia individual y global del modelo, test de correlaciones parciales y test de multicolinealidad. A continuación se presentan los resultados de algunas pruebas para los modelos 1 y 2 de la tabla 3, los cuales fueron utilizados para las estimaciones de las medidas económicas para estimar los beneficios por la reducción del ruido por tráfico vehicular.

Modelo 1.

A) Test de especificación linktest

Source	SS	df	MS	Number of obs = 844		
Model	2,1484e+09	2	1,0742e+09	F(2, 841)	=	30.88
Residual	2,9254e+10	841	34784672,3	Prob > F	=	0,0000
				R-squared	=	0,0684
				Adj R-squared	=	0,0662
Total	3,1402e+10	843	37250708	Root MSE	=	5897,9

dap	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
_hat	1,000002	2.214875	0,45	0.652	-3,347329	5.347333
_hatsq	-1,58e-10	,0001696	-0,00	1,000	-,0003329	,0003329
_cons	-,0061006	6788.907	-0,00	1,000	-13325.2	13325,18

B) Prueba AIC y BIC

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
.	844	.	-8523,98	5	17057.96	17081,65

Modelo 2.

A) Test de correlaciones parciales que permite identificar cuales variables son las que más aportan al coeficiente de determinación.

Partial and semipartial correlations of dap with

Variable	Partial Corr.	Semipartial Corr.	Partial Corr.^2	Semipartial Corr.^2	Significance Value
lmolesto	0,0265	0,0228	0,0007	0,0005	0,4458
momolesto	0,1219	0,1057	0,0149	0,0112	0,0004
mumolesto	0,1391	0,1209	0,0193	0,0146	0,0001
exmolesto	0,1392	0,1209	0,0194	0,0146	0,0001
vertv	0,0873	0,0754	0,0076	0,0057	0,0118
edad	-0,1998	-0,1754	0,0399	0,0308	0,0000
niveledu	0,1469	0,1278	0,0216	0,0163	0,0000
tvivienda	-0,0476	-0,0410	0,0023	0,0017	0,1704
ingreso	0,2454	0,2178	0,0602	0,0474	0,0000
centro	-0,0700	-0,0604	0,0049	0,0036	0,0436
norte	-0,0890	-0,0769	0,0079	0,0059	0,0102
npers	-0,0806	-0,0696	0,0065	0,0048	0,0201

B) Test de multicolinealidad

Variable	VIF	1/VIF
momolesto	2,29	0,436105
mumolesto	2,21	0,452990
exmolesto	2,07	0,482713
lmolesto	1,83	0,547750
norte	1,51	0,660295
centro	1,38	0,722740
niveledu	1,35	0,739160
ingreso	1,33	0,753623
edad	1,23	0,812448
vertv	1,22	0,819431
npers	1,13	0,887182
tvivienda	1,05	0,953227
Mean VIF	1,55	

C) Test de especificación linktest

Source	SS	df	MS	Number of obs =	842
Model	8,1421e+09	2	4.0710e+09	F(2, 839) =	147,17
Residual	2,3209e+10	839	27663000.4	Prob > F =	0,0000
				R-squared =	0,2597
				Adj R-squared =	0,2579
Total	3,1351e+10	841	37278624.7	Root MSE =	5259.6

dap	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
_hat	,8850949	,2321149	3,81	0.000	,4295008	1,340689
_hatsq	7,47e-06	,0000146	0,51	0.609	-,0000212	,0000361
_cons	367,0151	847,182	0,43	0.665	-1295,83	2029,86

D) Prueba AIC y BIC

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
.	842	-8533,931	-8407,465	13	16840,93	16902,5