

# Valoración económica del ruido: una aplicación a través del método de transferencia de beneficios\*

Francisco Javier Correa Restrepo\*\*

Juan David Osorio Múnera\*\*\*

Bernardo Andrés Patiño Valencia\*\*\*\*

## Resumen

Este artículo tiene como objetivo realizar una aproximación a la valoración económica de los beneficios de la reducción del ruido generado por infraestructuras de telecomunicaciones en cuatro zonas urbanas del área metropolitana de la ciudad de Medellín (Colombia). Así, mediante el método de transferencia de beneficios, en un horizonte a perpetuidad, se obtuvo un valor económico de \$79,40 millones para los beneficios generados por la reducción de los niveles de ruido en hogares de cuatro zonas urbanas de la ciudad de Medellín, Colombia. La conclusión central de este trabajo es que estos valores económicos del impacto del ruido sobre el bienestar social son más confiables cuando se obtienen a partir de la percepción directa que tienen los hogares de las molestias generadas por el ruido, la cual se establece por medio de la disposición a pagar por la reducción de niveles específicos de ruido.

**Palabras claves:** Valoración de impactos ambientales, ruido, externalidad ambiental, transferencia de beneficios, paridad de poder adquisitivo.

---

\* Recibido: 03-08-2011 Aceptado: 16-09-2011 Recibido Versión Final: 23-01-2011

\*\* Magíster en Ciencias Económicas, profesor asociado y coordinador del Grupo de de Economía y Negocios Internacionales (GENI), Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Medellín, Colombia, Correo electrónico: fcorrea@udem.edu.co

\*\*\* Magister en Economía del Medio ambiente y los Recursos Naturales, profesor asistente, miembro del Grupo de Economía y Negocios Internacionales (GENI), Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Medellín, Colombia. Correo electrónico: jdosorio@udem.edu.co

\*\*\*\* Economista, profesor Catedrático, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Medellín, Colombia, asistente de Investigación, Grupo de Economía y Negocios Internacionales (GENI), Universidad de Medellín, Colombia, Correo electrónico: bpatino@udem.edu.co

**Abstract**

The main purpose of this article is to carry out an approximation to economic valuation of benefits of the reduction of noise generated by infrastructure of telecommunications in four urban zones of the metropolitan area of Medellín (Colombia). Thus, by means benefits transfer, in a horizon to perpetuity, a value of \$79.4 million for the benefits associated to the reduction of noise levels was obtained. The central conclusion of this work is that the economic value of noise impact on the social welfare is more reliable when it's obtained from the direct perception of the households, which is established by means of willingness to pay for the reduction of specific levels of noise.

**Key words:** Valuation of environmental impacts, noise, environmental externality, benefits transfer, purchasing power parity.

**JEL:** Q51, Q53, Q56.

**Résumé**

Cet article a pour but de faire une approche à l'évaluation économique des avantages de la réduction du bruit généré par les infrastructures de télécommunications dans quatre zones urbaines de la région métropolitaine de la ville de Medellín (Colombie). Ainsi, à l'aide de la méthode de transfert des profits dans un horizon à perpétuité, on a obtenu une valeur économique de \$79,40 millions de dollars pour les bénéfices entraînés par la réduction des niveaux de bruit des foyers des quatre zones urbaines de la ville de Medellín, en Colombie. La conclusion principal de ce travail c'est que ces valeurs économiques de l'impact du bruit sur le bien-être social sont plus fiables lorsque on les obtient à partir de la de perception directe des foyers sur les ennuis entraînés par le bruit, qui est établie par leur disposition à payer pour la réduction des niveaux spécifiques de bruit.

**Mots clés:** Évaluation des impacts environnementaux, bruit, externalités environnementales, transfert d'avantages, parité de pouvoir d'achat.

**I Introducción**

El incremento de las actividades económicas propias de las ciudades en desarrollo trae consigo múltiples externalidades negativas a la sociedad, una de estas externalidades es la llamada contaminación acústica o contaminación por ruido. Por ruido se denomina a un sonido no articulado, que dependiendo de factores como su intensidad y frecuencia, puede causar diversas molestias y en algunos casos afectaciones a la salud (Regecove y Rellerova, 1995). Por otro lado, existen diversas definiciones de ruido entre los cuales se considerar como un sonido que toma carácter de molesto que puede generar efectos fisiológicos y psicológicos (Sanz, 1987). Así mismo, desde un sentido jurídico la existencia del ruido se determina por la percepción de molestia, expresada en el detrimento del bienestar de la sociedad. Bajo la existencia de molestia, se considera el punto en común con cualquier definición de ruido, sea bajo un enfoque jurídico, social o técnico.

En consideración a lo anterior, el ruido como externalidad es considerado como un contaminante ambiental de bajo costo de generación y cuyo valor económico presenta una difícil medición ya que está ampliamente influenciado por la percepción de las comunidades o individuos afectados<sup>1</sup>. Además, teniendo en cuenta que el silencio es un bien público puro que no presenta un precio de mercado, se evidencia una difícil medición del impacto del ruido sobre el bienestar de la sociedad.

No obstante, en la literatura económica se pueden encontrar diversos estudios en el entorno mundial que, tanto de forma teórica como empírica, han tratado de analizar y valorar económicamente los impactos sobre el bienestar de la contaminación por el ruido generado por diferentes fuentes. En particular, los estudios empíricos han estado enfocados en la valoración económica del ruido por tráfico vehicular, por tráfico aéreo y tráfico ferroviario.

Por su parte, los métodos más utilizados para la valoración económica de ruido son: el método de valoración contingente, el método de precios hedónicos y el método de transferencia de beneficios. Ahora, hasta hace una década, la mayoría de las investigaciones se habían centrado en la valoración económica del ruido generado por el transporte urbano (vehicular y férreo) y por el transporte aéreo. Sin embargo, recientemente, se han realizado algunos estudios centrados en la valoración del ruido generado por infraestructuras industriales, especialmente por hidroeléctricas<sup>2</sup>. En este sentido, se plantea que dado el acelerado crecimiento de la actividad económica en las ciudades, el ruido generado por el sector industrial y de servicios cobra, cada día, más importancia como factor que afecta negativamente el bienestar de los individuos. Por tal motivo, es necesario establecer valoraciones económicas del impacto del ruido en las ciudades, tanto del ruido por tráfico vehicular como el ruido generado por el funcionamiento infraestructuras.

Así, el objetivo de este trabajo es establecer las bases conceptuales para la valoración económica del ruido y, adicionalmente, busca realizar una valoración económica del ruido generado por infraestructuras de telecomunicaciones en el área metropolitana de la ciudad de Medellín (Colombia). De esta manera, en la primera sección se analiza el ruido como externalidad ambiental, su definición su medición, sus efectos potenciales. La segunda sección describe de manera general los métodos comúnmente utilizados para la valoración económica del ruido. Seguidamente, la tercera sección establece una aproximación a la valoración económica del ruido generado por equipos industriales en infraestructuras de telecomunicaciones en cuatro zonas urbanas del área metropolitana de Medellín (Colombia). Por último, la cuarta sección presenta las conclusiones centrales del estudio.

- 1 El valor asignado al ruido está sujeto a la percepción de los individuos afectados por éste, a las condiciones culturales, sociales y de más factores, que generan apreciaciones diferentes en cada individuo, permitiendo variar el concepto de molestia relacionada a la consideración del ruido como externalidad negativa.
- 2 Igualmente, debe decirse que más del 60% de los estudios e investigaciones encontradas alrededor de la valoración económica del ruido provienen de Europa, en especial de los países escandinavos.

## II. Antecedentes

### A) El ruido como externalidad negativa

En la actualidad, uno de los problemas que ha surgido a partir del crecimiento acelerado de las actividades económicas y, por supuesto, con el crecimiento de las ciudades modernas, es la contaminación acústica o contaminación por ruido. El ruido constituye uno de los factores más relevantes en la determinación del entorno cotidiano. En especial, en las zonas urbanas el ruido generado principalmente por el tráfico vehicular, las aglomeraciones de personas y los locales comerciales, constituye una molestia común que soportan los habitantes de las grandes ciudades.

En la literatura especializada se considera que el ruido es uno de los contaminantes más usuales en ambientes urbanos; presentando particularidades como su bajo costo de generación y la poca energía necesaria para ser emitido. Además, el ruido es una externalidad negativa compleja de medir y cuantificar e incide directamente sobre el ser humano y el desarrollo de sus actividades. Adicionalmente, es necesario que se presente cierta regularidad para que constituya un impacto negativo para la población.

En ese sentido, se plantea que los efectos del ruido sobre los seres humanos y el desarrollo de sus actividades, regularmente se vinculan con la afectación sobre la sensibilidad auditiva (Bluhm, Nording y Berglin, 2004; Paz y Zannin, 2008) –influyendo el desarrollo de aspectos como la concentración, el reposo y la comunicación, especialmente en espacios como domicilios y viviendas-, y el impacto negativo sobre el precio de las viviendas, ya que se considera la existencia de una relación inversa entre el incremento de los niveles de ruido y el precio de compra de las viviendas (Bateman et al, 2001; Strand y Vagnes, 2001; Wilhelmsson, 2000; Marmolejo, 2008).

### B) Definición y medición del ruido

En la literatura, el ruido se vincula con una percepción subjetiva de molestia y se define como un sonido percibido a niveles superiores de los niveles habituales, constituyendo una molestia para el receptor (Rosell, 1999)<sup>3</sup>. En esencia, cualquiera que sea la definición, se habla del ruido como uno o diversos sonidos no deseados (que presenta molestia) que pueden generar efectos fisiológicos, psicológicos y sociales susceptibles de alterar el bienestar de las personas (López y Herranz, 1991; Sanz, 1987; Lamarque, 1975).

Ahora bien, con relación a la calidad sonora de los lugares, ésta se clasifica en cuatro zonas diferentes: zonas de alta sensibilidad acústica, de moderada sensibilidad acústica, de baja sensibilidad acústica y zona de servidumbre. La zona de alta sensibilidad acústica comprende aquellas zonas que admiten una protección alta contra el ruido tales como zonas sanitarias (hospitales), las culturales (teatros) entre otros. Por otro lado, se encuentran las zonas de moderada sensibilidad acústica, que son aquellos sectores que admiten una per-

---

3 El término de molestia por ruido, se relaciona en la literatura por encima de 65-70 dB.

cepción del nivel sonoro intermedio, tales como las viviendas, hoteles o zonas de protección especial, como centros históricos.

Por su parte, las zonas de baja sensibilidad acústica comprenden todos los sectores del territorio que admiten una percepción del nivel sonoro elevado, como lo son restaurantes, bares y locales o centros comerciales. Por último, están las zonas de servidumbre, que son áreas afectadas por servidumbres sonoras a favor de sistemas de infraestructura, vías, ferrovías, u otros equipos públicos. Es necesario tener en cuenta la distinción hecha respecto a la clasificación de las zonas, con el fin de maximizar los niveles de asertividad en la toma de decisiones referentes a la valoración económica del ruido, ya que la consideración del ruido como contaminación acústica difiere de la zona en la cual se manifieste.

Finalmente, es necesario plantear que, en general, el ruido se mide en una unidad denominada decibel (dB), la cual se establece como una medida de presión sonora y permite identificar la potencia de la onda generada por una determinada fuente (OMS, 1999).

### ***C) Efectos potenciales del ruido: influencia sobre la salud de las personas y el precio de las viviendas***

Como se anotó antes, los principales efectos del ruido son percibidos en la salud de las personas y el precio de bienes inmuebles. En torno al primer aspecto, la OMS ha estado estudiando los efectos que provoca el ruido sobre la salud de las personas. La OMS (1999) establece que a un nivel de 30 dB no se puede conciliar el sueño. Este hecho disminuye la calidad del sueño. Ahora, en 40 dB se dificulta la comunicación verbal, para 75 dB se observa pérdida del oído a largo plazo y entre 110-140 dB hay pérdida del oído a corto plazo, y por encima de 140 dB se presenta el umbral del dolor, como se observa en la Tabla 1.

En la Tabla 1 se observa que, en rangos de niveles de ruido entre los 30 y 55 decibeles, el receptor es susceptible de presentar molestias tales como dificultades en la comunicación –en horario diurno- y problemas para conciliar el sueño –en horario nocturnos-. A niveles superiores, las implicaciones superan la condición de molestia y las personas receptoras experimenten dolores de cabeza, disminuciones de la capacidad auditiva, entre otros trastornos de salud. Cabe anotar que algunos de los efectos del ruido sobre la salud, considerados en la Tabla 1, están condicionados por el tiempo de exposición al ruido, de este modo, mientras más sea el tiempo de exposición a altos niveles de ruido, es más factible la presencia de afecciones sobre la salud.

De otro lado, Bluhm, Nording y Berglin (2004) han analizado el ruido por tráfico urbano y su correlación con el grado de molestia sobre el sueño de las personas, en especial los efectos que están relacionados con salud. En este estudio, realizado en Suecia, se encontró que el 76% de las personas encuestadas presentaban alguna molestia producida por el ruido vehicular<sup>4</sup>. Además, esta investigación encontró que los problemas por molestia de ruido

4 El estudio de Bluhm, Nording y Berglin (2004), toma como población objeto de estudio, una muestra de 1000 individuos con edades entre los 19 y 80 años, en la Ciudad de Estocolmo,

**Tabla 1. Valores críticos de ruido y sus efectos en la salud**

| Decibeles (dB) | Efectos en el organismo   |   |
|----------------|---|---|
|                | Diurno*   | Nocturno  |
| 0-30           | No hay  | -Posible dificultad en conciliar el sueño   |
| 30-55          | Dificultad en la comunicación verbal<br>interferencias con el descanso                              | -Pérdida de calidad del sueño<br>-Incapacidad para conciliar el sueño e interrupción en el descanso**                                     |
| 55-75          | Comunicación verbal extremadamente difícil<br>Irritabilidad, malestar<br>Peligro de lesión auditiva | -Incapacidad para conciliar el sueño e interrupción en el descanso<br>-Peligro de lesión auditiva<br>-Reacciones psiquiátricas negativas  |
| 75-100         | Malestar diurno fuerte<br>Perdida de oído a largo plazo   | -Malestar fuerte<br>-Perdida de oído a largo plazo<br>-Dolor de cabeza asociado<br>-Hipoacusia (Pérdida gradual de la capacidad auditiva) |
| 100-130        | Perdida de oído a largo plazo   | -Perdida de oído a largo plazo<br>-Dolor y trastornos auditivos graves  |
| 140            | Umbral de dolor   | -Umbral de dolor  |

Fuente: Martínez (2005).

\* La concepción de ambiente diurno y nocturno según norma nacional colombiana de emisión de ruido y ruido ambiental se establece de la siguiente manera para efectos de la aplicación de la norma: diurno (7:01-21:00) y nocturno (21:01-7:00) según la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

\*\* Interrupciones en el descanso, habitualmente conllevan cuadros de irritabilidad, baja en la productividad, poca concentración y enfermedades psiquiátricas en el largo plazo (Rossell, 1999).

umentaban en la medida que las ventanas de los dormitorios daban a la calle. Igualmente, se encontró que las personas que vivían en apartamentos sufrían mayores molestias con respecto a quienes vivían en viviendas separadas.

---

Suecia.

Por su parte, Martínez (2005) plantea que el ruido por tráfico vehicular aumenta el riesgo de infarto. Ahora bien, esta conclusión no se puede generalizar a nivel científico, pero desde el punto de vista de política ambiental, sobre el control de la contaminación acústica, este riesgo estimado de vida es considerable y requiere ser reducido<sup>5</sup>. Para terminar este aspecto, un estudio interesante sobre el impacto del ruido urbano en los niños se establece en Ising e Ising (2002), quienes detectaron que los riesgos de deterioro de la salud de los niños, presentan una posible correlación positiva con el incremento de los niveles de ruido. Según este estudio, los niveles de exposición al ruido experimentado por los niños, se relacionan con el aumento del riesgo de contraer enfermedades como el asma, bronquitis y la aparición de alergias, cuando las exposiciones superan los 55dB durante la noche.

Por otro lado, la consideración del ruido como un factor determinante en el precio de las viviendas, está sustentada en numerosos estudios. Así, se mencionan estudios como el desarrollado por Poon (1978) el cual mediante la aplicación de la metodología de precios hedónicos estima los costos económicos generados por el ruido de los trenes para la ciudad de Londres, mediante la determinación del cambio en el valor de las propiedades. Según los resultados establecidos por este estudio, se concluye que las externalidades (ruido), que son producto del funcionamiento de los trenes, tienen una relación inversa con el precio de las viviendas, afectando negativamente el valor de venta de éstas.

Ahora, Bellinger (2006) establece una correlación entre los niveles de ruido y la disminución de los precios de las viviendas ubicadas en partes cercanas a la fuente emisora, al mismo tiempo que demuestra el grado de correlación existente entre los niveles de molestia y la disposición a pagar de los habitantes por evitar este ruido. Por otro lado, Uyeno, Hamilton y Biggs (1993), desarrollaron un estudio con el objetivo de estimar el impacto de ruido generado por tráfico aéreo sobre diferentes tipos de propiedades. Así, estimaron que el incremento en un decibel en los niveles de ruido tiene un efecto negativo del 0,65%, 0,90% y 0,16%, en el precio de las viviendas unifamiliares, condominios y terrenos baldíos respectivamente.

Del mismo modo, Brandt y Maenning (2011) estudian la influencia del ruido por tráfico vehicular sobre precio de los condominios en Hamburgo, Alemania, estimando 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, son diversas las referencias en la literatura que permiten observar las consideraciones hechas anteriormente respecto al impacto negativo del ruido sobre el precio de las viviendas e incluso sobre el precio de predios inhabitados y, sobre el nivel de molestia experimentada por las poblaciones. No obstante, se plantea que si bien el ruido es valorado económicamente teniendo como variable diferenciadora la fuente de emisión del mismo –el

---

5 La afectación a la salud no queda ahí, Martínez (2005) plantea que, adicional a los efectos sobre la audición humana, se han descrito, desde la literatura médica, otras afecciones en individuos expuestos a ruidos intensos, como son: hipertensión arterial, taquicardias, estrés, nerviosismo y disminución en el rendimiento físico.

ruido producido por el tráfico vehicular, aeronáutico y férreo, por ejemplo-, los resultados de los ejercicios de valoración no varían directamente con respecto a la fuente emisora, sino con relación a los niveles de ruido percibidos por la población, su frecuencia y duración del mismo.

### III. Enfoques establecidos para la valoración económica del ruido

Los estudios realizados sobre valoración económica del ruido se han centrado, principalmente, en establecer valores económicos para las molestias asociadas al tráfico vehicular. Estas valoraciones han estado basadas en la disposición a pagar (DAP) de los individuos. En este sentido, los diferentes estudios encontrados en la literatura económica buscan determinar la disposición a pagar de los individuos, o de la sociedad, por reducir o prevenir el ruido causado, principalmente, por el sistema de tráfico vehicular. En general, estas técnicas dependen del tipo de preferencias: preferencias explícitas (preferencias declaradas) o preferencias implícitas (preferencias reveladas) (Lambert, Poisson & Champlovier, 2001). Si se parte de reconocer que las preferencias son explícitas y el grupo afectado es individual, entonces la técnica para valorar económicamente las molestias de causa el ruido es la valoración contingente, cuya aproximación es de tipo psicométrica. Pero si se parte de preferencias implícitas y el grupo afectado es individual, el método adecuado de valoración económica es a través de los precios hedónicos o de los costos de prevención y la técnica es la econométrica.

Ahora, si el grupo afectado es la sociedad, se pueden tener soluciones a partir de decisiones de tribunales o aplicar costos de prevención. En este caso, la aproximación estaría a cargo de una entidad defensora de la sociedad ante el problema en cuestión (autoridad ambiental). La Tabla 2 resume los métodos de la valoración económica del ruido.

**Tabla 2. Métodos de valoración económica de ruido**

|                     | <b>Tipo de preferencias</b> | <b>Grupo afectado</b> | <b>Método de valoración</b>                       | <b>Aproximación</b> |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---|---------------------|
| <b>Preferencias</b> | Explícita                   | Individual            | Valoración Contingente                            | Psicométrica        |
|                     | Implícita                   | Individual            | Precios Hedónicos<br>Costos de eliminación        | Econométrica        |
|                     | Implícita                   | Social                | Costos de eliminación<br>Resultados de decisiones | Tutelar             |

Fuente: Martínez (2005).



Por su parte, los métodos más utilizados para la valoración económica de ruido son: el método de valoración contingente, el método de precios hedónicos y el método de transferencia de beneficios. Hasta hace una década, la mayoría de las investigaciones se habían centrado a la valoración económica del ruido generado por el transporte urbano (rodado y férreo) y al transporte aéreo. Recientemente, ha habido algunos estudios centrados en la valoración de ruido generado por infraestructuras industriales, especialmente por hidroeléctricas. Igualmente, debe decirse que más del 60% de los estudios e investigaciones encontradas alrededor de la valoración económica del ruido provienen de Europa, en especial de los países escandinavos. A continuación, se describen los métodos de valoración antes mencionados, los cuales son los frecuentemente utilizados en la valoración económica del ruido.

### **A) El método de valoración contingente (MVC)**

En el contexto de la valoración del ruido como externalidad negativa, este método busca establecer la disposición a pagar por la reducción en la contaminación por ruido. Alternativamente, con el MVC puede buscarse establecer cuál es la compensación que las personas están dispuestas a recibir por las afectaciones por ruido. Así, se concibe como un método de valoración directa de la pérdida de bienestar debido a la percepción del ruido.

El método MVC consiste en simular un mercado para el bien o cesta de bienes, por medio de encuestas y escenarios hipotéticos. El método busca, en esencia, determinar los impactos sociales generados por la disminución en la calidad de un bien ambiental, a fin de estimar su valor económico. Para obtener la estimación del valor económico, se debe definir cuál es el cambio en la calidad del bien ambiental (el nivel de reducción de ruido) que queremos valorar y cuál es la población afectada por este cambio (Osorio y Correa, 2009). Posteriormente, se emplean encuestas para crear un mercado hipotético, donde se pregunta por la máxima disposición a pagar (DAP) o la mínima disponibilidad a aceptar (DAA) por el cambio en el bien ambiental (DAP por reducciones en niveles ruido, o DAA por sufrir incrementos en niveles de ruido). De esta manera, con la información recopilada se realiza una estimación econométrica de la DAP o DAA media de la población y se estima el valor total asignado al impacto sobre el bienestar<sup>6</sup>.

### **B) El método de precios hedónicos (MPH)**

El enfoque de precios hedónicos, es un enfoque indirecto de valoración de bienes ambientales que se basa en el valor de la propiedad para estimar de manera indirecta el valor de atributos ambientales que influyen sobre el precio de los bienes. Cuando los individuos compran un bien mercadeable como la vivienda, también pagan por atributos de su entorno, como la calidad del aire, la cercanía a espacios naturales, el silencio, entre otros. Así, el método de precios hedónicos permite valorar económicamente características no mercadeables, como el silencio, cuando ellas están asociadas a bienes transables como una vivienda (Caraballo y Mendieta, 2008).

6 Generalmente, las formas lineales o logarítmicas han sido las formas utilizadas para estimar econométricamente la DAP por reducciones de los niveles ruido.

Cuando se combina el paisaje, el aire limpio, el silencio u otros atributos de un bien, ellos pueden caracterizar bienes heterogéneos. Así, en ciertas circunstancias, es posible separar los efectos de esos atributos sobre la utilidad que ellos generan. De esta manera, es factible determinar cómo los cambios en los niveles de cada atributo afectan el precio del bien.

Para realizar una estimación del valor económico de la calidad ambiental a partir de la MPH es necesario establecer la relación entre el precio de un bien mercadeable-vivienda- y los atributos ambientales relacionados con él. Ahora, un bien, como la vivienda, puede ser descrito por un conjunto de características estructurales y características pertenecientes a su entorno. Las características estructurales más comunes son: tamaño, número de habitaciones, número de baños, número de garajes, tipo de vivienda (casa o apartamento), edad y material de la vivienda. Respecto a las características asociadas a su entorno, es posible considerar dos tipos: características socioeconómicas y características ambientales y urbanísticas. Algunas de las características socioeconómicas son: condiciones de inseguridad presentes en los alrededores de la vivienda, cercanía a hospitales, cercanía a escuelas, el nivel de impuestos del municipio, el acceso a centros comerciales, entre otras. Ahora, las condiciones ambientales y urbanísticas se refieren a los niveles de contaminación atmosférica de la zona, nivel de ruido existente, contaminación visual, cercanía a espacios naturales, ciclo rutas, parques, acceso a servicios públicos, acceso a transporte público, disponibilidad de vías de acceso, entre otras (Correa y Osorio, 2010).

A partir de lo anterior, se establece que la metodología puede ser aplicada para valorar económicamente el impacto por ruido a partir del efecto que éste tiene sobre el precio de la vivienda, bien sea sobre el valor de compra de las mismas o sobre el valor de arrendamiento.

### **C) Método de transferencia de beneficios**

Rosenberger y Loomis (2003) definen este método como *"la adaptación de información obtenida desde una investigación original para la aplicación de ésta en un contexto diferente de estudio"*. Ahora, Osorio (2006) plantea que el método de transferencia de beneficios se divide, esencialmente, en tres clases: transferencia de funciones, transferencia de valores fijos y Transferencia de funciones de análisis de meta-regresión. A continuación, se realiza una breve descripción de estos enfoques de transferencias de beneficios.

#### **1. Transferencias de valores fijos**

En la práctica, en este enfoque, los beneficios totales del sitio en el cual se va a establecer la política se estiman tomando los valores por unidad promedio obtenidos de los datos de un sitio de estudio, aplicando las estadísticas de una investigación original a un sitio de política de forma directa (Osorio, 2006). Ahora, en la literatura se consideran tres formas de hacer transferencia de valores: transferencia de puntos estimados, transferencia de medidas de tendencia central y juicio de especialistas.

Es importante resaltar que una de las limitaciones del método de transferencia de valores radica en que algunas veces los individuos no valoran igual los cambios ocurridos en dife-

rentes sitios. Para esto existen dos razones fundamentales: Primero, las personas del sitio de la política pueden ser diferentes a las personas del sitio de estudio, en términos de niveles de molestia para el mismo nivel de ruido, pueden tener diferencias en niveles de ingreso, de características socioeconómicas, etc. Segundo, aún si las preferencias de los individuos en el sitio de la política y de estudio son iguales, las oportunidades para evitar el ruido pueden no serlo (Correa, 2007).

## *2. Transferencia de funciones*

La transferencia de funciones se orienta de forma más técnica que la transferencia de valores, permitiendo análisis más robustos. Este método transfiere modelos estadísticos o funciones que precisan relaciones vectoriales entre datos recolectados en un sitio de estudio. Es decir, los modelos estimados provenientes desde un sitio de estudio se utilizan con datos de variables explicativas obtenidas en sitios de establecimiento de políticas para estimar el valor por unidad y el valor total en el sitio de política. Cabe anotar que en la literatura, la transferencia de funciones es considerada mejor opción que la transferencia de valores fijos. Esto se debe al mejor manejo de las características del sitio de política y, por lo tanto, arroja valores más ajustados al contexto, mientras que la transferencia de valores fijos es invariante frente a las diferencias entre el sitio de estudio y el sitio de política (Osorio, 2006).

## *3. Transferencia de funciones de análisis de meta-regresión*

En el caso de la transferencia de funciones de análisis de meta-regresión o meta-análisis, en lugar de transferir la función de beneficios de un solo estudio, como se aplicaba en el método anterior, se puede realizar la combinación de resultados de valoraciones de varios estudios con el fin de estimar una función de beneficios común. El enfoque de meta-análisis se ha utilizado para sintetizar hallazgos investigativos y mejorar la calidad de la literatura existente de valoración económica. Ahora, muchas veces los datos aplicados en esta metodología son tomados de estudios aplicativos de los métodos de costos de viaje, valoración contingente o precios hedónicos de los cuales, en gran cantidad de casos, es imposible realizar la determinación de las funciones de beneficio requeridas, ya que en la mayoría de los meta análisis la información secundaria debe ser recogida en los sitios donde las demás metodologías de valoración omiten datos y variables sobre las características poblacionales.

Como en otras técnicas de valoración económica, los valores generados por la transferencia de beneficios están sujetos a medidas de error. Una medida de error puede darse si un bien en el sitio de estudio es diferente del sitio de interés de implementación de política, esto reflejado por diferentes atributos, o diferencias en la calidad y cantidad del suministro de servicios.

Ahora, las medidas de error también pueden ser introducidas si las poblaciones del sitio de estudio y del sitio de la política tienen diferentes características socioeconómicas, las cuales influyen en los valores individuales, o si son de diferente tamaño poblacional lo cual influirá en el valor agregado. Asimismo, las diferencias en las condiciones del mercado que aplican

en los sitios y las especificaciones econométricas de los modelos pueden generar medidas de error en la valoración económica (Stanley, 2001).

#### **IV. Valoración económica del ruido generado por infraestructuras de telecomunicaciones**

El objetivo de esta sección es realizar una aplicación del método de transferencia de beneficios en la valoración económica de ruido en áreas metropolitanas. En particular, el estudio de caso se centra en la valoración económica del ruido generado por la infraestructura de telecomunicaciones en Medellín, Colombia. Así, en primer lugar se presenta el problema del ruido generado por infraestructura de telecomunicaciones. Seguidamente, se establece el proceso de determinación de valores económicos mediante el método de transferencia de beneficios y, finalmente, se establece el valor económico de la pérdida de bienestar en cuatro barrios donde se encuentran instaladas infraestructuras de telecomunicaciones.

##### **A) Caracterización del problema**

La operación de infraestructuras de telecomunicaciones genera una serie de externalidades negativas que se relacionan con la afectación de bienes inmuebles, contaminación por ruido y contaminación visual. Así, la afectación de los bienes inmuebles se vincula a las actividades de montaje de infraestructura necesaria para el funcionamiento de antenas receptoras y suministros eléctricos, montaje de cableado, entre otros. Por su parte, la contaminación por ruido se asocia a la operación de aires acondicionados y plantas eléctricas y, por último, la contaminación visual está asociada al establecimiento de líneas de telecomunicaciones. Así, los anteriores impactos ambientales son afectaciones usuales tanto, en el entorno urbano como en el entorno rural.

En particular, en Medellín (Colombia), de estas externalidades negativas asociadas al normal funcionamiento de las infraestructuras de telecomunicaciones, los altos niveles de emisión de ruido se destacan como una de las externalidades que impactan de manera más significativa a la sociedad. Así, Correa y Osorio (2010) plantean que los estudios de medición de ruido en la ciudad de Medellín muestran que dichas infraestructuras presentan niveles superiores a los límites de emisión de ruido establecidos en la normativa ambiental colombiana. En este sentido, los autores establecen que las infraestructuras de telecomunicaciones, tales como centrales telefónicas, presentan un nivel de emisión de ruido promedio –generado por el funcionamiento de aires acondicionados– de 69.6 decibeles (dB), el cual es superior al umbral de emisión de ruido establecido por la norma ambiental vigente en Colombia (Resolución 627 de 2006), tanto para las horas del día como para las horas nocturnas<sup>7</sup>.

---

7 La Resolución 0627 del 7 de abril de 2006, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, establece que: en zonas residenciales, universidades, escuelas, entre otras zonas similares, denominadas zonas de tranquilidad y ruido moderado; los estándares máximos permisibles de niveles de ruido son 65dB día y 55dB noche.

**Tabla 3. Niveles de ruido promedio en las cuatro zonas de estudio.**

| Zona   | Estrato | Uso de suelo según la zona | Nivel de ruido máximo según la norma 627 de 2006 (Día y Noche) (expresada en dB(A)) |       | Nivel de ruido promedio generado por infraestructuras de telecomunicaciones, en las cuatro zonas de estudio. Datos expresados en dB(A) | Exceso de dB(A) por zona comparada con la resolución 627 de 2006 |       |
|--------|---------|----------------------------|---|-------|--|--|-------|
|        |         |                            | Día   | Noche |  | Día  | Noche |
| Zona 1 | 3       | Residencial                | 65  | 55    | 67,1   | 2,1  | 12,1  |
| Zona 2 | 3       | Residencial                | 65  | 55    | 71,7   | 6,7  | 16,7  |
| Zona 3 | 4       | Residencial                | 65  | 55    | 72,2   | 7,2  | 17,2  |
| Zona 4 | 3       | Residencial                | 65  | 55    | 69   | 4  | 14    |

Fuente: elaboración propia

La Tabla 3, presenta indicadores de las zonas de estudio que permiten caracterizar las condiciones acústicas en relación a la presencia de infraestructuras de telecomunicaciones. En la Tabla en cuestión se muestra se el estrato al socioeconómico de las zonas de estudio y tipo de uso del suelo correspondiente a las mismas. Así mismo, contiene información sobre el estándar de decibeles máximos permitidos en la legislación, para posteriormente mostrar los niveles de emisión de ruido asociados a la infraestructura de telecomunicaciones. Finalmente, presenta un indicador de exceso de decibeles obtenido de la diferencia entre los estándares estipulados y la emisión de decibeles emitidos. El anterior indicador, permite observar el aporte en emisión de ruido que las infraestructuras representan en el clima acústico de las zonas de estudio.

Ahora, dada la problemática planteada, se desarrollará un ejercicio de estimación del valor económico de la reducción del ruido generado por infraestructuras de telecomunicaciones para las zonas urbanas de la ciudad de Medellín de la ciudad, mencionadas en la Tabla anterior, dichas zonas a través del método de transferencia de beneficios.

## **B) Cálculo del valor económico del ruido a partir del método de transferencia de beneficios**

### *1. Proceso de aplicación del método de paridad de poder adquisitivo*

En primer lugar, se realizó una revisión de literatura con el fin de identificar estudios específicos que brindaran información adecuada sobre el tratamiento de la medición y la valoración económica del ruido. De esta manera, dicha revisión permitió establecer los estudios que, bajo las diferentes metodologías de valoración económica, realizan estimaciones de la dis-

posición a pagar (DAP) por reducción de niveles de ruido o prevención de ruido emitido por diferentes fuentes como tráfico vehicular, ruido por aeronaves, y ruido generado por trenes y vías férreas. Esta DAP es el valor que le dan los individuos al impacto negativo del ruido sobre su bienestar.

A partir de la revisión de literatura, se identificaron algunos estudios en los cuales se estima la disposición a pagar (DAP) por disminución de niveles de ruido o eliminación de la molestia. Los cinco estudios seleccionados, fueron desarrollados en países europeos (España, Noruega, Suiza, Francia, Finlandia y Holanda).

Ahora, los estudios considerados coinciden en el tratamiento del ruido por tráfico vehicular como la fuente de ruido valorada. Esta particularidad se explica ya que el tráfico vehicular es la fuente de ruido más comúnmente tratada en la literatura de valoración económica del ruido, por su alta proliferación e impacto, especialmente en zonas urbanas. No obstante, debe establecerse que aunque el ruido es generado potencialmente por múltiples fuentes, al momento de su valoración las condiciones que influyen en la percepción de molestia para la población son, fundamentalmente, el nivel del ruido, su frecuencia y duración, sin diferenciarse de forma estricta por la fuente emisora. Esta característica, permite considerar, para efectos de la valoración económica, el ruido como generador de molestia, indistintamente de la fuente emisora.

Luego, a las DAP identificadas en los estudios analizados se les aplicó el proceso denominado paridad de poder adquisitivo (PPA) con el fin de evaluar las disposiciones a pagar determinadas en los diferentes estudios en función de los niveles generales de precios e ingresos reales de las poblaciones de los países en los cuales se realizaron los diferentes estudios con respecto al nivel general de precios y el ingreso real de la población en el contexto colombiano. A continuación, se describe de forma detallada el proceso de aplicación de paridad de poder adquisitivo.

En primera instancia, se tomaron los resultados obtenidos de los estudios de valoración de ruido por tráfico vehicular seleccionados. La Tabla 3 muestra los estudios seleccionados y la DAP obtenida por cada uno de ellos.

En la primera columna de la Tabla 4 se establece el estudio, la metodología de valoración desarrollada y el año de aplicación. En la segunda columna, se muestra el escenario de valoración empleado de acuerdo a la metodología aplicada. Finalmente, la última columna presenta los resultados obtenidos con la aplicación de los diferentes ejercicios. En general, la metodología aplicada para la determinación del valor de DAP de los individuos por las reducciones o eliminación de la molestia por ruido, fue el método de valoración contingente (VC).

Los estudios considerados en la Tabla 4 emplean diferentes unidades monetarias y diferentes años base, situación que hace necesaria la conversión de los valores a moneda local. Para este ejercicio se van a utilizar pesos de 2009 y datos de IPC de los diferentes países a considerar y la tasa de cambio del euro respecto al dólar y del dólar con respecto al peso.

**Tabla 4. Principales estudios de valoración de ruido por tráfico vehicular**

| <b>Estudio</b>  | <b>Sitio de aplicación del estudio y escenario de valoración propuesto en función de la reducción de ruido</b> | <b>Resultados</b>             |
|---|--|-------------------------------|
| <i>Pommerehne (1988)</i><br>VC/año de estudio<br>2001 | Suiza<br><br>(Reducción de 50% en los niveles de ruido)  | DAP: 99€/db/año               |
| <i>Souguet (1994)</i><br>VC/año de estudio<br>2001    | Suiza<br><br>(Reducción de 50% en los niveles de ruido)  | DAP: 60 – 71<br>€/db/año      |
| <i>Vainio (1995)</i><br>VC/año de estudio<br>2001     | Finlandia<br>(Eliminación de las molestias por ruido)  | DAP: 6 – 9<br>€/db/año        |
| <i>Navrud (2000)</i><br>VC/año de estudio<br>2001     | Noruega<br>(Exposición a niveles de ruido mayores a 55 db)   | DAP: 165 – 275<br>€/db/año    |
| <i>Lambert (2001)</i><br>VC/año de estudio<br>2001    | Francia<br>(Eliminación de las molestias por ruido)  | DAP:<br>7,3 €/db/año          |
| <i>Salazar (2004)</i><br>VC/año de estudio<br>2004    | España<br>(Disminución de los niveles de ruido)  | DAP: 92.4 – 127.5<br>€/db/año |

Fuente: elaboración propia a partir de Navrud (2002)

Adicionalmente, con el fin de mejorar el nivel de ajuste de los datos se emplea el Ingreso Nacional Bruto per cápita para Colombia y para los diferentes países en los cuales se realizaron los estudios considerados, dichos valores, ajustados por paridad de poder adquisitivo.

Con la información presentada por los estudios seleccionados se obtuvieron las disposiciones a pagar (DAP) mínimas y máximas estimadas en cada uno de ellos. Luego, se tomaron estos valores de DAP (mínimos y máximos, según sea el caso) y se procedió a aplicar el procedimiento de paridad de poder adquisitivo. La metodología de paridad de poder adquisitivo permite actualizar los valores del año 2009, utilizando la inflación anual para el caso de Suiza<sup>8</sup> y el índice de precios al consumidor para el resto de los países del estudio. De esta forma, se obtuvieron valores de DAP de los estudios analizados, en paridad de poder adquisitivo, actualizados a valores monetarios del año 2009.

8 En el caso del ejercicio de indexación de los valores de DAP del estudio desarrollado en Suiza, se tomaron los valores de inflación reportados para dicho país, dada las limitaciones de disponibilidad de información de IPC para los años requeridos.

### C) Cálculo de valores de la disposición a pagar en pesos colombianos en paridad de poder adquisitivo

Para poder realizar el cálculo de los valores máximos y mínimos de las DAP de los estudios de referencia, en pesos colombianos en paridad de poder adquisitivo, se estableció la siguiente fórmula<sup>9</sup>.

Ecuación 1. Disposición a pagar en paridad de poder adquisitivo (PPA) a 2009

$$DAP_{PenPPA}(\$2009) = (\text{Valor DAP en euros} / \text{db} / \text{año en estudio}) \times \left( \frac{\text{IPC país en estudio año 2009}}{\text{IPC del año en estudio}} \right) \\ \times \left( \frac{\text{INB per cápita de Colombia año 2009}}{\text{INB per cápita del país en estudio año 2009}} \right) \\ \times \left( \frac{1}{\text{Tasa de cambio del euro frente al dólar año 2009}} \right) \times (\text{tasa de cambio } \$ / \text{US\$})$$

Fuente: Restrepo y Giraldo (2006).

Ahora, luego de determinar los valores de Ingreso Nacional Bruto per cápita e IPC/Inflación según sea el caso<sup>10</sup>, para cada uno de los países europeos en los cuales se realizaron los estudios considerados: se tomaron las DAP (máximas y mínimas) por decibel al año, identificadas para cada estudio. Dispuestos los valores necesarios para la aplicación de la herramienta de paridad de poder adquisitivo, se procede a desarrollar el ejercicio. La Tabla 5 presenta los valores de DAP máximos y mínimos determinados a partir de los estudios de valoración económica del ruido y los valores de DAP máximos y mínimos en paridad de poder adquisitivo (PPA) a pesos de 2009<sup>11</sup>.

9 Retoma los valores de DAP del estudio original, valores de IPC de los diferentes países de realización de los estudios, Ingreso Nacional Bruto per cápita y las tasas de cambio del euro frente al dólar y el peso frente al dólar.

10 Los valores de ingreso nacional bruto per cápita en paridad de poder adquisitivo (INB PPA) e IPC/inflación, empleados para el cálculo de DAP, se relacionan en el anexo 1.

11 Se halló utilizando la tasa de cambio US\$/ 1,4406 (European Central Bank, 2011) y, la tasa de cambio \$/US\$ 2.044,23 (Superintendencia Financiera de Colombia, 2011).



**Tabla 5. Transferencia de euros a pesos colombianos de la DAP/db/año en paridad de poder adquisitivo (PPA)**

| PAÍS             | Año del estudio | DAP euros/db/año (Año del estudio) |          | DAP PPA/db/año (A pesos de 2009) |              |
|------------------|-----------------|------------------------------------|----------|----------------------------------|--------------|
|                  |                 | DAP min                            | DAP max  | DAP min                          | DAP max      |
| <b>España</b>    | <b>2004</b>     | € 92,40                            | €127,50  | \$ 34.037,02                     | \$ 46.966,67 |
| <b>Suiza</b>     | <b>2001</b>     | € 99,00                            |          | \$ 24.343,81                     |              |
| <b>Noruega</b>   | <b>2001</b>     | €165,00                            | € 275,00 | \$ 36.191,57                     | \$ 60.319,28 |
| <b>Finlandia</b> | <b>2001</b>     | € 6,00                             | € 9,00   | \$ 2.053,20                      | \$ 3.079,80  |
| <b>Francia</b>   | <b>2001</b>     | € 73,00                            |          | \$ 25.802,05                     |              |

Fuente: elaboración propia.

A partir de los valores de DAP/db/año en PPA, registrados en la Tabla 5, la Tabla 6 presenta la estimación de los valores de DAP/db/mes. Adicionalmente, muestra el valor de DAP mensual por la reducción de 5 decibeles considerando que una disminución del ruido en esta magnitud, representa un grado de disminución perceptible por las poblaciones afectadas por el ruido y que se traduciría en una disminución de la molestia percibida.

**Tabla 6. Disposiciones a pagar anuales por reducción de cinco decibeles**

| PAÍS             | DAP pesos col/db/mes/2009 |         | DAP pesos col/5db/año/2009 |          |
|------------------|---------------------------|---------|----------------------------|----------|
|                  | DAP min                   | DAP max | DAP min                    | DAP max  |
| <b>ESPAÑA</b>    | \$2.836                   | \$3.913 | \$14.182                   | \$19.569 |
| <b>SUIZA</b>     | \$2.028                   |         | \$10.143                   |          |
| <b>NORUEGA</b>   | \$3.015                   | \$5.026 | \$15.079                   | \$25.133 |
| <b>FINLANDIA</b> | \$171                     | \$256   | \$855                      | \$1.283  |
| <b>FRANCIA</b>   | \$2.150                   |         | \$10.750                   |          |

Fuente: elaboración propia.

#### ***D) Determinación del valor económico asociado a la reducción de niveles de ruido***

Obtenidos los valores de DAP que se van a utilizar en el contexto colombiano por la reducción de 5 decibeles, se estima la media y la desviación estándar de los valores de DAP máximos correspondiente a los estudios realizados en España, Suiza, Noruega y Francia.

Ahora, a partir de los valores de media y desviación estándar, se determina un intervalo de confianza al 95%<sup>12</sup>. Para el cálculo de dicho intervalo, se omitieron los valores correspondientes al estudio de Finlandia ya que este estudio estableció un valor de DAP demasiado bajos con respecto a los valores estimados en los otros estudios; constituyendo así un dato atípico que pueden afectar negativamente el ajuste del intervalo de confianza<sup>13</sup>. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7. Medidas estadísticas e intervalo de confianza de las DAP máximas de los estudios de referencia**

| Variable | observación | Media  | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% |        |
|----------|-------------|--------|----------------|-------------------------------|--------|
|          |             |        |                | Mínimo                        | Máximo |
| Valor    | 4           | 12.539 | 1.227          | 8.631                         | 16.446 |

Fuente: elaboración propia.

El rango para los precios de DAP/5dB/mes se encuentra entre \$8.631 y \$16.446, con un valor medio de DAP de \$12.539 una desviación estándar de \$2.455. Ahora, con el fin de mantener un criterio conservador y reducir el riesgo de sobrestimación del beneficio de la reducción de ruido, se considera el límite inferior estimado. Así, el valor económico del incremento en el bienestar vinculado a la reducción de ruido asciende a \$8.631, la cual es una DAP estimada con base a los valores de referencia determinados por los estudios evaluados. A partir de lo anterior, se establece el valor de disposición a pagar mensual y anual por reducción de ruido que se le puede asignar a los hogares. La Tabla 8 presenta los resultados de la DAP por hogar por reducciones de ruido.

**Tabla 8. Disposición a pagar por hogar al mes y al año, asociada a reducciones de los niveles de ruido**

| Afectado | DAP/5db/mes | DAP/5db/año |
|----------|-------------|-------------|
| Hogar    | \$8.631     | \$103.575   |

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse el valor económico de la mejora ambiental asociada a la reducción de los niveles de ruido anual por hogar, a partir de la transferencia de beneficios, corresponde a \$103.575. Este valor será utilizado en la determinación de los valores económicos vinculados a la reducción de ruido para los diferentes estudios de caso seleccionados.

12 El intervalo de confianza construido a partir de la DAP media y la respectiva desviación estándar de los datos, fue estimado utilizando el software econométrico Stata 11.

13 Al excluir los datos atípicos se busca que la media calculada sea menos sensible a perturbaciones aleatorias, adicionalmente reduce la probabilidad de tener una mayor dispersión de los datos y por tanto, mejora el ajuste del intervalo de confianza.

### **E) Transferencia de valores económicos asociados a la reducción de niveles de ruido a cuatro estudios de caso**

A continuación, se desarrollará una estimación del valor económico de la reducción de ruido generado por infraestructuras de telecomunicaciones, a partir de la consideración de cuatro zonas urbanas –tres pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá y una fuera de la jurisdicción del Área Metropolitana–. Estas zonas presentan características particulares respecto a las condiciones de ruido experimentadas viéndose influenciadas por la emisión de ruido por parte de infraestructuras de telecomunicaciones.

Las características consideradas para la selección de las zonas a estudiar se relacionan con los niveles de ruido percibidos en dichos lugares, como consecuencia del funcionamiento de las infraestructuras de telecomunicaciones a saber: 1. Las zonas urbanas están clasificadas como sectores B de tranquilidad y ruido moderado<sup>14</sup>, según los estándares considerados en la resolución 627 de 2006, de tal modo que los niveles máximos de emisión de ruido permisibles, se establecen en 65 dB día y 55 dB noche, 2. Los niveles de emisión de ruido emitido por las infraestructuras analizadas superan los estándares máximos legales de emisión de ruido y, 3. Cercanía a la fuente emisora de los hogares potencialmente afectados, de tal modo que el ruido generado por la infraestructura sea potencialmente percibido en hogares más cercanos.

**Tabla 9. Población potencialmente afectada por la emisión de ruido**

| <b>Zona</b>            | <b>Población potencial<br/>(en número de hogares)</b> | <b>Estrato*</b> |
|------------------------|---|-----------------|
| <b>Zona 1</b>          | 19  | 3               |
| <b>Zona 2</b>          | 35  | 3               |
| <b>Zona 3</b>          | 17  | 4               |
| <b>Zona 4</b>          | 18  | 3               |
| <b>Total población</b> | 89  | -               |

Fuente: elaboración propia a partir de Correa y Osorio (2010) y Alcaldía de Medellín, (2011).

\*Estrato predominante por zona a partir de información secundaria Correa y Osorio (2010) y Alcaldía de Medellín (2011).

Luego, a partir de las características de las zonas elegidas como casos de aplicación para la estimación del valor económicos del ruido, la Tabla 9 presenta los datos de la población potencialmente afectada por la emisión de ruido generada por infraestructuras de telecomunicaciones cercanas a las zonas de estudio<sup>15</sup>. Adicionalmente, presenta los estratos socioeconómicos encontrados según la distribución de los estratos predominante por zonas.

14 Según la resolución 627 de 2006, corresponde a zonas residenciales o exclusivamente destinadas para el desarrollo habitacional, hotelería y hospedaje.

15 Las zonas consideradas para la aplicación de los valores económicos, se evaluaron previamente y fueron tomadas a partir del estudio de valoración económica desarrollado por Correa y Osorio (2010).

A continuación, con el objetivo de estimar valores económicos a partir de las diferencias socioeconómicas entre los hogares potencialmente afectados, se recurre a la utilización de un factor de ponderación o factor de ajuste. En este sentido, se considera el factor de ponderación empleado por Correa y Osorio (2010), el cual consiste en tomar como base de referencia para ponderar los valores económicos el esquema de subsidios y sobre-costos establecidos para las tarifas del servicio de agua potable y alcantarillado vigente en Colombia. Así, la Tabla 10 presenta los factores de ponderación y la DAP por reducción de ruido mensual y anual ajustada según dichos factores de ajuste<sup>16</sup>.

**Tabla 10. Disposiciones a pagar ponderadas para cada estrato socioeconómico**

| Estrato | Factor de ponderación | DAP/5db/mes/<br>ponderada | DAP/5db/año/<br>ponderada |
|---------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1       | 0,7                   | \$ 6.042                  | \$ 72.503                 |
| 2       | 0,8                   | \$ 6.905                  | \$ 82.860                 |
| 3       | 1                     | \$ 8.631                  | \$ 103.575                |
| 4       | 1                     | \$ 8.631                  | \$ 103.575                |
| 5       | 1,2                   | \$ 10.357                 | \$ 124.290                |
| 6       | 1,3                   | \$ 11.220                 | \$ 134.648                |

Fuente: elaboración propia.

De otro lado, en la Tabla 11 se presentan los resultados de la aplicación de los valores ponderados para los diferentes estratos y se incluye el número de hogares potencialmente afectados para las diferentes zonas de análisis.

**Tabla 11. Disposiciones a pagar ponderadas para cada zona, considerando la población potencialmente afectada**

| Zona   | Población potencial | DAP/5db/mes/<br>ponderada | DAP/5db/año/<br>ponderada |
|--------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| Zona 1 | 19                  | \$ 163.989                | \$ 1.967.925              |
| Zona 2 | 35                  | \$ 302.085                | \$ 3.625.125              |
| Zona 3 | 17                  | \$ 146.727                | \$ 1.760.775              |
| Zona 4 | 18                  | \$ 155.358                | \$ 1.864.350              |

Fuente: elaboración propia.

Así, según el factor de ponderación los valores económicos anuales estimados, asociados a la reducción de ruido para las diferentes zonas son: \$1.967.925, \$3.625.125, \$1.760.775

<sup>16</sup> Para un mejor conocimiento del proceso de obtención de los factores de ajuste de las DAP ver Correa y Osorio (2010).

y \$1.864.350 para las zonas 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Al revisar los valores económicos estimados por zonas mencionados, el valor correspondiente a la zona 2 es evidentemente mayor que los demás. Esta situación se explica porque la población afectada en dicha zona es mayor.

A partir de los valores de disposiciones a pagar ponderados por zona se estiman los valores económicos para cada zona a un horizonte de tiempo de 5 años y a un horizonte de perpetuidad, mediante la utilización de una tasa de descuento del 12% anual<sup>17</sup>. La Tabla 12 muestra el resultado de las estimaciones de valores económicos para cada una de las diferentes zonas de estudio.

**Tabla 12. Valor económico, vinculado a la reducción de ruido emitido por infraestructuras de telecomunicaciones**

| <b>Valor económico en el tiempo</b>            | <b>Zona 1</b> | <b>Zona 2</b> | <b>Zona 3</b> | <b>Zona 4</b> |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Valor presente neto (VPN) a 5 años</b>      | \$ 7.093.929  | \$ 13.067.764 | \$ 6.347.200  | \$ 6.720.565  |
| <b>Valor presente neto (VPN) a perpetuidad</b> | \$ 16.399.375 | \$ 30.209.375 | \$ 16.399.375 | \$ 16.399.375 |

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la Tabla 13 presenta los valores económicos totales del beneficio por reducción del ruido generado por infraestructuras de telecomunicaciones en las cuatro zonas de estudio analizadas.

**Tabla 13. Valor económico total de los beneficios por la reducción de ruido emitido por infraestructuras de telecomunicaciones**

|                                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>Valor económico a 5 años</b>      | <b>\$ 33.229.457,87</b> |
| <b>Valor económico a perpetuidad</b> | <b>\$ 79.407.500,00</b> |

Fuente: elaboración propia.

17 Dicha tasa de descuento es la determinada para Colombia por el Departamento Nacional de Planeación para la evaluación económica de proyectos en el sector público. No obstante, Correa (2007) considera que la aplicación de una tasa social de descuento del 12% para la valoración de externalidades ambientales es inadecuada, toda vez que una tasa alta puede alterar el balance entre costos y beneficios. En particular, los beneficios futuros de una reducción de los niveles de ruido se ponderan poco con una tasa del 12%, con respecto a las inversiones (costos) que implica el logro de disminuir los niveles de ruido por debajo de los umbrales establecidos. Así, Correa (2007) recomienda utilizar una tasa de descuento que este entre el 4% y 9% en el caso de proyectos de mejoramiento ambiental en Colombia.

En consecuencia, se obtiene que el valor económico estimado de los beneficios de la reducción de ruido en un horizonte de tiempo de cinco años es del orden de \$33,229 millones. Por otro lado, si se considera la permanencia en el tiempo de los beneficios generados por la reducción de los niveles de ruido, el valor económico a perpetuidad asciende a \$79,407 millones. Si bien estos son valores económicos bajos, son representativos si se tiene en cuenta que están vinculados al incremento en el bienestar por reducción de niveles de ruido para una población de 89 hogares ubicados cerca de las infraestructuras de telecomunicaciones de las cuatro zonas analizadas y que, por tanto, son afectados por los actuales niveles de emisión de ruido de las mismas.

#### **IV. Conclusiones**

El ruido es considerado como una externalidad ambiental negativa de bajo costo de generación y cuya valoración económica es compleja de establecer debido a que está en alguna medida influenciada por la percepción de las comunidades o individuos afectados. Así, se plantea que el valor asignado al ruido está sujeto a la percepción de los individuos afectados por éste, a las condiciones culturales, sociales y de más factores, que generan apreciaciones diferentes en cada individuo, permitiendo variar el concepto de molestia relacionada a la consideración del ruido como externalidad negativa. Además, teniendo en cuenta que el silencio es un bien público puro que no presenta un precio de mercado, se evidencia una compleja medición del impacto del ruido sobre el bienestar de la sociedad. No obstante, a pesar de las dificultades para una estimación exacta del valor económico del ruido, es útil abordar la realización de ejercicios de valoración económica con el objetivo de establecer una línea base de la magnitud del impacto de esta externalidad sobre los individuos bienestar social y guiar la toma de decisiones política pública que busquen mitigar el impacto del ruido sobre el bienestar social.

Ahora, hasta hace una década, la mayoría de las investigaciones en torno al tema se habían centrado a la valoración económica del ruido generado por el transporte urbano (vehicular y férreo) y por el transporte aéreo. Sin embargo, recientemente, se han realizado algunos estudios, específicamente en Estados Unidos, centrados en la valoración de ruido generado por infraestructuras industriales, especialmente por hidroeléctricas. En este sentido, se plantea que dado el acelerado crecimiento de la actividad económica en las ciudades de países en desarrollo, el ruido generado por el sector industrial y de servicios cobra, cada día, más importancia como factor que afecta negativamente el bienestar de los individuos. Por tal motivo, es necesario establecer valoraciones económicas del impacto del ruido en las ciudades, tanto del ruido por tráfico vehicular como el ruido generado por infraestructuras.

Por otra parte, al establecer el valor económico del ruido generado por las infraestructuras de telecomunicaciones en cuatro zonas urbanas del área metropolitana de la ciudad de Medellín (Colombia), se encontró que la disposición a pagar (DAP) por hogar/año es de \$ 103.575 por una reducción de cinco decibeles en los niveles de ruido emitidos por dichas infraestructuras. Ahora el valor económico de este impacto ambiental en los 89 hogares potencialmente afectados en esas cuatro zonas en cinco años asciende a \$33.22 millones

(bajo una tasa de descuento de 12% anual). Este es un valor que refleja la importancia de la pérdida de bienestar de la población afectada debido al problema del ruido en mención o, alternativamente, refleja los beneficios obtenidos por la reducción en 5 dB de los niveles de ruido generados por estas infraestructuras. Por otro lado, si se considera los niveles de ruido, el valor económico a perpetuidad asciende a \$79.40 millones.

Estos valores económicos del impacto del ruido sobre el bienestar social son más confiables cuando se obtienen a partir la percepción de los hogares de las molestias del ruido, a través de su disposición a pagar por la reducción de niveles específicos de ruido. Esto último se logra por medio de la aplicación de métodos de preferencias declaradas o de preferencias reveladas. Ahora bien, en presencia de limitaciones de tiempo y de disponibilidad de recursos, las agencias gubernamentales pueden tomar decisiones de política pública, con relación a priorización de recursos, a partir de la realización de análisis costo-beneficio basados en el método de transferencia de beneficios.

Finalmente, es importante establecer las limitaciones del ejercicio de valoración desarrollado en éste estudio. En este sentido, se plantean cinco aspectos críticos, a saber: localización geográfica, tipo de estudio, activo ambiental, técnica de valoración y medida económica. Con relación a la localización geográfica, la limitación del ejercicio radica en que los estudios empleados se desarrollaron en países europeos con condiciones socioeconómicas, culturales y ambientales diferentes a las colombianas. No obstante, con la idea de reducir este sesgo se transformaron los valores de transferencia a valores de paridad de poder adquisitivo, con el fin de realizar una transferencia lineal de los datos y poder obtener valores DAP, por reducción de ruido, ajustados a los ingresos promedio en Colombia.

Con respecto al activo ambiental, se resalta que todos los estudios vinculados al ejercicio de transferencia de beneficios valoran económicamente disminución del ruido por tráfico vehicular. Lo anterior constituye una limitación, si se considera que la reducción de ruido considerada en el estudio de caso valora reducción de niveles de ruido asociados a infraestructuras de telecomunicaciones. A pesar de esto, se plantea que tales estudios son una base de referencia para toma de decisiones en política pública ambiental, dada la inexistencia de estudios de valoración del ruido de este tipo de infraestructuras. Ahora, en lo que tiene que ver con la técnica de valoración económica, no se presentan sesgos importantes toda vez que los estudios evaluados emplean el método de VC como el método aplicado. Para finalizar, sobre la medida económica debe decirse que todos los estudios considerados en este trabajo emplean como medida económica la DAP de los hogares por la mejora ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía de Medellín. (2011). *Indicadores socioeconómicos. Estrato predominante y distribución por barrio 2007*. Recuperado en <http://www.medellin.gov.co/ReportesSite/index.jsp>.
- Banco Mundial. (2011). *Indicadores de Política Económica y Deuda. Ingreso Nacional Bruto per cápita a PPA*. Recuperado en [http:// data.worldbank.org/NY.GNP.PCAP.PP.CD](http://data.worldbank.org/NY.GNP.PCAP.PP.CD).

- Bateman, Ian J; Day, Brett H; Lovett, Andrew A; Lake, Iain R. (2001). The effect of road traffic on residential property values: a literature review and hedonic pricing study. E.S.R.C Economic & Social Research Council. 207 p.
- Bellinger, William, K. (2006). The Economic Valuation of Train Horn Noise: A US Case Study. *Transportation Research, Part D. Transport and Environment*. (11), 310-314.
- Bluhm, G; Nordling E; & Berglund N. (2004). Road traffic noise and annoyance – An increasing Environmental Health problema. *Noise & Health*, 6 (24), 43-49.
- Brandt, S. & Maenning, W. (2011). Road noise exposure and residential property price: evidence of Hamburg. *Transportation Research part D*, 16 (1), 23-30.
- Caraballo. L. & Mendieta. J., (2008). *Economía de la Contaminación y la Degradación Ambiental*. Venezuela: Fondo Editorial Simón Rodríguez.
- Correa, F. (2007). *Evaluación económica de impactos ambientales: una guía metodológica para la determinación de la tasa social de descuento*. Medellín: Sello Editorial Universidad de Medellín.
- Correa, F. & Osorio, J. (2010). Valoración económica de los impactos ambientales asociados a la emisión de ruido de las instalaciones de EPM Telecomunicaciones S.A. E.S.P. *Informe Final proceso de contratación 071569*. Medellín
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–. (2011). *Índice de precios al consumidor para Colombia (IPC)*. Recuperado de [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co): [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=76](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=76)
- European Central Bank, Eurosystem. (2011). *Statistical Data Warehouse, ECB reference exchange rate, US dollar/Euro*. Recuperado de [sdw.ecb.int/quickview.do](http://sdw.ecb.int/quickview.do): [http://sdw.ecb.int/quickview.do?SERIES\\_KEY=120.EXR.D.USD.EUR.SP00.A](http://sdw.ecb.int/quickview.do?SERIES_KEY=120.EXR.D.USD.EUR.SP00.A).
- Ising, Hartmut y Ising, Martin. (2002), Chronic Cortisol Increases in the First Half of the Night Caused by road traffic noise. *Noise and Health*, 4(16),13-21.
- Lamarque, J. (1975), *Le droit contr le bruit*. Paris :LGDJ
- Lambert, J. Poisson, F. & 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.
- Lopez, I & Herranz, K. (1991). *Ruido de tráfico e interferencia en el sueño. Psicología ambiental: intervención y evaluación del entorno*. Sevilla: Arquetipo.
- Marmolejo, C. (2008). La incidencia de la percepción del ruido ambiental sobre la formación espacial de los valores residenciales: un análisis para Barcelona. *Revista de la Construcción*, 7(1), 4-19.
- Martínez, A. (2005). Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica. *Revista de economía y administración*, 2(1), 1-49
- Navrud, S. (2002). The State of art on economic valuation of Noise. (Final report to European Commission DG Environment). Department o Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway.
- OMS (1999). *Guidelines for Community Noise*, Ginebra.



- Osorio, J. D. (2006). El método de transferencia de beneficios para la valoración económica de servicios ambientales: estado del arte y aplicaciones. *Semestre Económico*, 9 (18), 107-124.
- Paz, E. & Zannin, P. (2008). Perception of noise in suburban and urban areas. *The Journal Of The Acoustical Society Of America*, 123(8), 5789-5793
- Poon, L. C. L. (1978). Railway Externalities and Residential Property Prices. *Land Economics*, 52(2), 218-227.
- Restrepo, M. & Giraldo, J. (2006). Aproximación al valor de daño ambiental de daño del relleno sanitario de la pradera a partir del método de transferencia de beneficios. *Informe contrato 432 de 2006*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Universidad de Antioquia.
- Regecove, V. y Rellerova, E. (1995). Effects of urban noise pollution on blood pressure and heart rate in preschool children. *JHypertens*, 13(4), 405-412.
- Rosell A, J. (1999). La sociedad del ruido. *Seminario Médico*, 51(2), 115-131.
- Rosenberger, Randall, Loomis, John (2003), Benefit Transfer, Chapter 12, pp 53. A Primer on Nonmarket Valuation, Editado por Patricia A Champ y Kevin J Boyle, New York, Thomas C Brown-Business & Economics.
- Sanz, J. M. (1987): *El ruido*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Serie Unidades Temáticas Ambientales de la Dirección General del Medio Ambiente.
- Stanley, T.D. (2001), Wheat from Chaff: Meta-Analysis as Qualitative Literature Review. *Journal Of Economic Perspectives*, 15(3), pp. 131-150.
- Strand, J. & Vagnes, M. (2001). The relationship between property values and railroad proximity: A study based on hedonic prices and real estate brokers appraisals. *Transportation*, 28(2), 137-156.
- Superintendencia Financiera de Colombia. (2011). *Tasa de Cambio Representativa del Mercado – TCRM-*. Recuperado de [www.superfinanciera.gov.co](http://www.superfinanciera.gov.co): <http://www.superfinanciera.gov.co/>
- Uyeno, D., Hamilton, S. & Biggs, A. J. G. (1993). Density of residential land use and the impact of aircraft noise. *Journal of transport Economics and Policy*, 28(1), 1-3
- Wilhelmsson, M. (2000). The Impact of Traffic Noise on the Values of Single-Family Houses. *Journal of Environmental Planning and Management*. 43, (6), 79-815.

**ANEXO****1. Datos utilizados para el proceso de cálculo de la disposición a pagar (DAP) en paridad de poder adquisitivo (PPA)**

La Tabla A1 presenta los datos de Ingreso Nacional Bruto per cápita (INB per cápita) para España, Suiza, Noruega, Finlandia y Francia, países en los cuales se desarrollaron los estudios de valoración económica del ruido analizado. Además, se presenta el valor de INB per cápita para Colombia. Por su parte, la Tabla A2, muestra los valores correspondientes al Índice de Precios al Consumidor (IPC) dispuesto para los diferentes países en los cuales se realizaron los estudios de valoración económica.

**Tabla A1. Ingreso Nacional Bruto per cápita de los diferentes países de los estudios considerados**

| <b>País</b>      | <b>INB per cápita, en Paridad de Poder Adquisitivo (PPP) a precios de 2009</b> |
|------------------|--|
| <b>España</b>    | US\$31.490   |
| <b>Suiza</b>     | US\$47.100   |
| <b>Noruega</b>   | US\$55.420   |
| <b>Finlandia</b> | US\$35.280   |
| <b>Francia</b>   | US\$33.950   |
| <b>Colombia</b>  | US\$ 8.600   |

Fuente: elaboración propia a partir de Banco Mundial (2011).

**Tabla A2. Índice de precios al consumidor para los años 2001, 2004 y 2009**

| <b>Año/país</b> | <b>España</b> | <b>Suiza</b> | <b>Noruega</b> | <b>Finlandia</b> | <b>Francia</b> |
|-----------------|---------------|--------------|----------------|------------------|----------------|
| <b>2001</b>     | 2,8           | 1,00         | 2,7            | 2,7              | 1,8            |
| <b>2004</b>     | 3,1           | 0,80         | 0,6            | 0,1              | 2,3            |
| <b>2009</b>     | -0,20         | -0,50        | 2,3            | 1,6              | 0,1            |

Fuente: elaboración propia a partir de (European Central Bank, 2011; Dane, 2011 y Banco Mundial, 2011).

Luego de determinar los valores de Ingreso Nacional Bruto per cápita e IPC/Inflación según sea el caso, para cada uno de los países europeos en los cuales se realizaron los estudios considerados, se tomaron las DAP (máximas y mínimas) por decibel al año, identificadas para cada estudio.