

PERCEPCIÓN DEL RUIDO POR LOS CIUDADANOS: RELACIONES DOSIS- EFECTO Y COSTE-BENEFICIO

PACS: 43.66.Ba

Martín Bravo M^a Ángeles⁽¹⁾; Tarrero Fernández Ana Isabel⁽¹⁾; Arias Puga José Elías; González de Garibay Valentín

⁽¹⁾EU Politécnica de la Univ. de Valladolid

C/ Francisco Mendizábal, nº 1

47014 Valladolid

maruchi@sid.eup.uva.es; ana@sid.eup.uva.es

ABSTRACT

The methodology to appreciate how citizens perceive noise and its effects has five main stages and one is: Dose-effect correlation and cost-benefit correlation. Concerning dose-effect relationship, it has been observed that there is a linear correlation between the Lden, effect (in 5 dB intervals) and the cumulative HA percentage below a certain Lden. Nevertheless, when Lden is related to the average annoyance or to the percentage of HA, an oscillating pattern around the corresponding fitted line is found. From the cost-benefit analysis it can be concluded that the majority of the citizens are more willing to pay to improve their own dwelling acoustics characteristics than to improve the environmental acoustics in their neighbourhood.

RESUMEN

Dentro de la metodología para conocer como perciben el ruido y sus efectos los habitantes de una población, uno de los pasos consiste en establecer relaciones entre los niveles y la molestia, relaciones dosis-efecto, y entre el coste de las acciones y el beneficio que con ellas se consigue, relaciones coste-beneficio. En esta comunicación se analizan diferentes tipos de estas relaciones, destacando la no linealidad entre la dosis y la molestia, y el hecho de que los ciudadanos están dispuestos a pagar más por mejorar las características acústicas de su vivienda que por mejorar el ambiente acústico en su barrio.

1 INTRODUCCIÓN

La evaluación de la molestia ocasionada por el ruido en los ciudadanos de una población y su relación con las principales fuentes de ruido, es fundamental a la hora de proponer acciones de mejora que permitan alcanzar los objetivos de calidad acústica recogidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre [1], por el que se desarrolla la Ley del Ruido 37/2003 [2], que a su vez es la transposición de la Directiva 2002/49/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental [3].

El conflicto generado por el ruido y sus efectos nocivos, se ponen de manifiesto en los informes del Defensor del Pueblo en los últimos años [4] donde aparece que una de las quejas presentadas con mayor frecuencia (algunos años la que más incidencia ha presentado), es la relativa a la molestia por los excesivos niveles de ruido que tienen que soportar.

La elaboración de los mapas de ruido permite conocer los niveles de ruido que existe en cada zona de una ciudad, así como las zonas donde se superan los niveles aceptables que marca la normativa, y el porcentaje de la población que está sometida a estos niveles. Todo ello sirve para determinar las acciones prioritarias a realizar, en el caso de que se superen los valores límites para el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica.

El estudio psicosocial de la molestia ocasionada por el ruido permite conocer el efecto que produce el ruido sobre los ciudadanos de una población y su relación con las principales fuentes de ruido. De esta forma se determinarán los ciudadanos altamente molestos (Highly Annoyed, HA) con el ruido, colectivo que deberá ser tenido en cuenta en la propuesta de planes de mejora.

A partir de los resultados de los estudios anteriores se pueden evaluar mediante relaciones dosis-efecto, que según la normativa europea serán relaciones entre las molestias y los valores de L_{den} y entre las alteraciones del sueño y los valores de L_{night} (por lo que se refiere al ruido de tráfico rodado, ferroviario, aéreo, y de fuentes industriales).

En las “Jornadas Internacionales sobre Contaminación Acústica en las Ciudades” celebradas en Madrid en abril de 2002, se puso de manifiesto de forma clara y precisa, la necesidad de abundar en el tipo de estudios que relacionen los valores del nivel de ruido obtenido en las medidas con la percepción del ciudadano, o mejor con el grado de molestia que supone el ruido para los habitantes de las ciudades.

Durante los últimos años se han publicado numerosos trabajos en los que se relaciona la molestia con el nivel de ruido causado por los medios de transportes. Miedema y Vos en [5] estudian la relación entre el nivel día-noche y el porcentaje de altamente molestos para tres fuentes de ruido (tráfico rodado, aéreo y ferroviario). Kenji Furihat et al en [6], utilizando los resultados de una encuesta socioacústica, construyen una escala experimental de molestia del ruido que relaciona al mismo tiempo efectos psicológicos (grado de molestia) y nivel de ruido ($L_{Aeq(5min)}$). En [7] se estudia la relación entre la molestia del ruido causado por dos tipos de trenes de alta velocidad y el Leq pero no se encuentran diferencias significativas. También en [7] estudian los factores que afectan a la molestia producida por el ruido del transporte, contrastan la relación entre molestia y ruido en situaciones en las que domina el tráfico rodado o el ruido de trenes y exponen las diferencias.

Por otra parte en esta comunicación también se estudian relaciones del tipo coste-beneficio, para ello se pregunta a los ciudadanos por su disponibilidad a pagar para obtener algún beneficio al reducir el ruido en su barrio o en su ciudad; en este sentido realizamos un estudio en la ciudad de Valladolid cuyos resultados se recogen en [9]. En [10] se desarrolla un protocolo para estimar la disposición a pagar para disminuir un dB(A), usando las opiniones de una muestra de la ciudad de Hong Kong relacionan la molestia y el nivel para determinar cómo los niveles de molestia inicial y las características personales influyen en la disponibilidad a pagar para reducir los niveles de ruido.

2 - OBJETIVOS

Los resultados que se exponen en esta comunicación forman parte de un trabajo amplio cuyo objetivo principal es plantear una metodología aplicable a los estudios psicosociales, que permita conocer cómo es percibida por los ciudadanos la molestia originada por el ruido, determinar cuáles son las fuentes de ruido más molestas y los principales efectos que estas fuentes producen. Esta información junto con el cálculo de los niveles de ruido a los que está sometida la población, servirán de base para la propuesta de los “Planes de Acción” que tienden a corregir los conflictos de nivel o de percepción y a alcanzar los objetivos de calidad. Con los datos de niveles y de molestia, se establecerán relaciones del tipo dosis-efecto, de

gran utilidad en el análisis de las medidas propuestas. La metodología planteada concluye con la estratificación de la muestra en grupos homogéneos, y la selección de unos “testigos” o “representantes” de la población, que permitirán hacer el seguimiento de las acciones de mejora propuestas.

En esta comunicación se estudian las relaciones dosis-efecto y coste-beneficio. La parte inicial y la parte final de la metodología propuesta son objeto de otras dos comunicaciones presentadas a este mismo congreso.

3 – METODOLOGÍA

Las fases principales del procedimiento que planteamos son las siguientes: **1 - Diseño de la encuesta. 2 - Trabajo de campo. 3 - Análisis de resultados. 4 - Relaciones dosis-efecto y coste-beneficio, y 5 - Estratificación de la muestra.**

En esta comunicación se describe con detalle la fase cuatro del procedimiento, las tres primeras se describen en la comunicación titulada “Percepción del ruido por los ciudadanos: procedimiento y resultados” y la quinta fase del procedimiento se describe en la comunicación titulada “Percepción del ruido por los ciudadanos: Estratificación de la muestra”, ambas comunicaciones se presentan también en este mismo congreso.

El nivel de significación de la información recogida en el desarrollo del trabajo dependerá del tamaño y heterogeneidad de la muestra que se utiliza en el procedimiento, y de la concreción y claridad de la encuesta de percepción de la molestia originada por el ruido. El diseño del cuestionario, la selección de la muestra y la distribución de la encuesta, son los aspectos claves para que los resultados sean útiles y fiables.

La distribución de las encuestas realizadas se ha representado sobre el plano de la ciudad. La ubicación de los encuestados es muy importante de cara a establecer relaciones del tipo dosis-efecto, donde se correlaciona el nivel de ruido al que está sometido el encuestado con la molestia que percibe. Además nos permitirá representar sobre el plano de la ciudad las zonas de conflicto desde el punto de vista de la molestia percibida.

4 – RELACIONES DOSIS-EFECTO

Según la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, y según se recoge en su artículo 6, *los efectos nocivos del ruido sobre la población se pueden evaluar mediante relaciones dosis-efecto.*

Utilizando los valores del nivel de ruido calculados en la elaboración del mapa de ruido de la ciudad de Málaga (presentado en octubre del 2007) y los resultados de la molestia originada por el ruido obtenidos de la encuesta de percepción, se pueden estudiar correlaciones entre la dosis a la que están sometidos los ciudadanos y la molestia percibida por ellos, relaciones del tipo dosis-efecto. Las relaciones a estudiar pueden ser varias, como dosis se puede tomar el valor del Lden o del Lnight y como efecto la molestia media, el porcentaje de los altamente molestos, etc. en esta comunicación se analizarán las correlaciones siguientes:

- Correlación entre el Lden y el porcentaje de HA acumulado (los ciudadanos que están por debajo del valor de Lden considerado).
- Correlación entre el Lden y el porcentaje de los HA que están sometidos a ese Lden (tomando intervalos de 5 dB y relacionando el número de encuestados en cada intervalo con el % de HA que hay en esos encuestados).
- Correlación entre el Lden y la molestia media (la molestia media es el valor cuantitativo que se obtiene en cada punto en una escala que asocia 1 a *nada*, 2 a *poco*, 3 a *regular*, 4 a *bastante* y 5 a *mucho*).

Como se ha comentado anteriormente, para calcular la molestia en la ciudad de Málaga, se ha realizado una encuesta a 741 personas en sus viviendas distribuidas por toda la ciudad. De

estos puntos se conoce el valor del Lden, calculado en la elaboración del mapa de ruidos, sólo en 701 de ellos, y serán éstos los que se tendrán en cuenta para realizar las correlaciones.

En las gráficas de la figura 1 se representa, en función del Lden, el porcentaje de encuestados y el porcentaje de los encuestados que dicen estar altamente molestos con el ruido. El colectivo de los HA se construye agrupando los que responden que están bastante o muy molestos con el ruido. La forma de ambas gráficas es similar y sus diferencias están en torno al 50% hasta aproximadamente 63 dBA, disminuyendo la diferencia para valores mayores de Lden (excepto entre 73 y 79 dBA) y haciéndose prácticamente cero a valores muy altos de Lden. Conviene recordar que el 54% de los encuestados están altamente molestos con el ruido que hay en su ciudad.

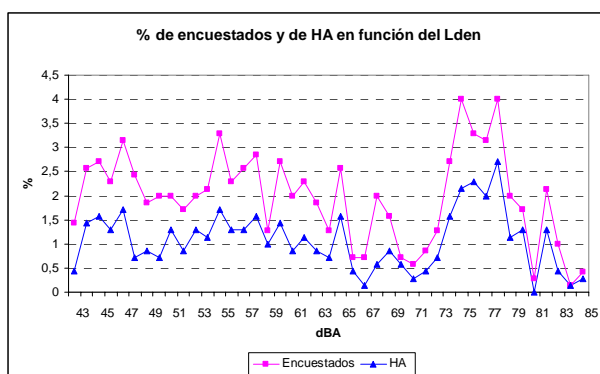


Figura 1: Porcentaje de encuestados y de HA en función del Lden

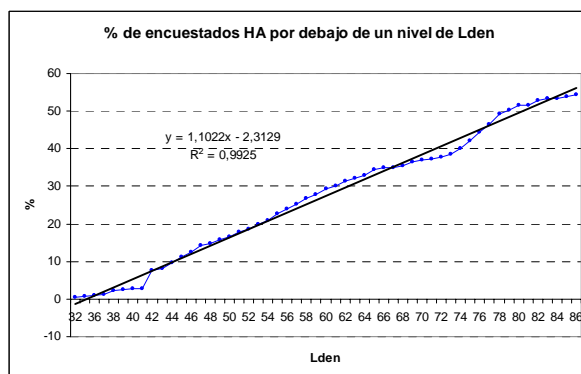


Figura 2: Porcentaje de HA acumulado por debajo de un valor de Lden

Si se calcula el porcentaje de HA acumulado que hay por debajo de un nivel de Lden, figura 2, se comprueba que hay una relación lineal entre ambos, que viene dada por la ecuación (1), con un coeficiente de correlación $R=0.993$. Si para el Lden se considera solamente el intervalo (42-65) dBA la regresión lineal mejora y el coeficiente de correlación es 0.999.

$$\%HA=1,1022*Lden-2.3129 \quad (1)$$

También se ha calculado la molestia media y el porcentaje de altamente molestos y se ha representado en función del Lden (con valores agrupados en intervalos de 5 dB), figuras 3 y 4 respectivamente. En ambas representaciones se detecta una tendencia ligeramente creciente y una *oscilación* en torno a la recta de ajuste. La tendencia creciente es algo que aparece siempre en este tipo de estudios, mientras que de la *oscilación* entorno a la recta de ajuste, no hemos encontrado ninguna referencia que recoja este comportamiento. La justificación de este hecho, que ya se puso de manifiesto cuando trabajábamos con una muestra más reducida, no es fácil de hacer, y creemos que puede estar influenciada por el hecho de que las personas acaban habituándose al ambiente sonoro en el que viven o de lo contrario intentan cambiarse

de lugar de residencia. Este mismo resultado se pone de manifiesto con otra encuesta realizada con el mismo procedimiento en la misma ciudad.

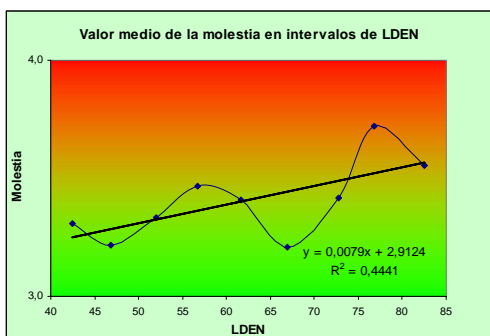


Figura 3: Molestia media en los que están sometidos a un Lden, en intervalos de 5 dB

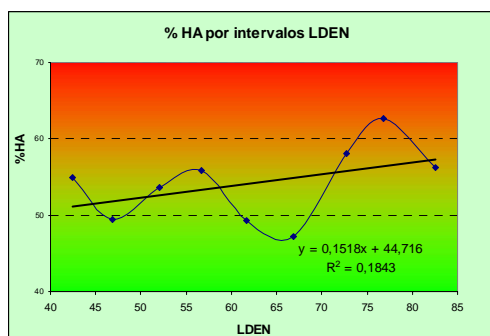


Figura 4: Porcentaje de HA en los que están sometidos a un Lden, en intervalos de 5 dB

5 – ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

Una vez analizados los resultados de la primera encuesta, se ha procedido a elaborar una segunda, más reducida, en la que se ha introducido un bloque, *análisis coste-beneficio*, para recoger la opinión de los ciudadanos sobre su disponibilidad a pagar a cambio de mejorar el ambiente de ruido.

En el bloque que analiza la disponibilidad a pagar por mantener unos niveles de ruido aceptables, se ha obtenido que la mayor parte de ellos no están dispuestos a pagar (67,2%), y los que sí están dispuestos se decantan por las cantidades más reducidas (el 12,3 % pagaría 10 € por casa al año y el 8,4 % pagaría 20€, hay un 6,3% que sí pagaría pero no tiene dinero).

Cuando se pregunta por la disponibilidad a pagar un incremento porque su vivienda esté en un lugar silencioso, aunque mayoritariamente no están dispuestos a pagar (56,2%), pero en este caso la disponibilidad a pagar es superior a la de la pregunta anterior, y también las cantidades son mayores, figura 5. Estos resultados indican que los ciudadanos están dispuestos a pagar más por mejorar las características acústicas de su vivienda, que por mejorar el ambiente acústico en su barrio.

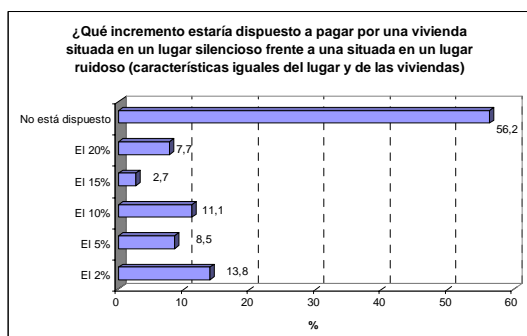


Figura 5: Dispuestos a pagar un incremento por una vivienda situada en un lugar silencioso

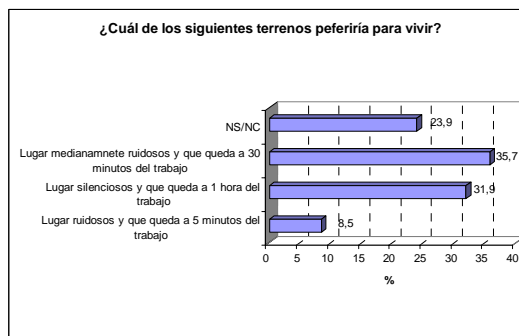


Figura 6: Preferencia por el lugar de residencia

La representación de los que estarían dispuestos a pagar por mantener en su barrio unos niveles de ruido aceptables sobre el plano de la ciudad, y la de los que estarían dispuestos a pagar un incremento sobre el precio de su vivienda por vivir en un lugar silencioso es muy interesante a la hora de plantear acciones.

Si se pregunta por la preferencia en el lugar de residencia, conjugando la distancia al trabajo y el ambiente ruidoso, hay un 23,9 % que no sabe o no contesta pero la mayoría se decanta por

un ambiente no ruidoso aunque la distancia al trabajo sea de media hora o incluso de una hora, figura 6.

También se pregunta sobre la disponibilidad a cambiar su residencia habitual por otra similar pero más alejada del trabajo y en ambiente menos ruidoso. Mayoritariamente (62%) no están dispuestos a cambiar, esto quiere decir que a las personas les cuesta cambiar de domicilio aunque vayan a mejorar desde el punto de vista acústico.

6 - CONCLUSIONES

- De las correlaciones *dosis-efecto* consideradas se concluye que:
 1. La relación entre el porcentaje de los HA y el Lden acumulado es lineal, con un coeficiente de correlación alto.
 2. La relación entre la molestia media y el Lden en intervalos de 5 dB pone de manifiesto una tendencia creciente así como una *oscilación* de los resultados entorno a la recta de ajuste.
 3. Los resultados de la relación entre el porcentaje de los HA y el Lden en intervalos de 5 dB son similares a los anteriores, aunque ahora el crecimiento es bastante más marcado (mayor pendiente de la recta de ajuste) y la *oscilación* es también mayor lo que hace que el coeficiente de correlación de la recta sea peor.

- Del análisis coste beneficio se destacan los siguientes aspectos:
 1. En el análisis de la disponibilidad a pagar por mantener unos niveles de ruido aceptables, resulta que la mayor parte no están dispuestos a pagar (67,2%), y los que sí están dispuestos se decantan por las cantidades más reducidas.
 2. En relación con la disponibilidad a pagar un incremento porque su vivienda esté en un lugar silencioso, aunque también mayoritariamente no están dispuestos a pagar (56,2%), la disponibilidad a pagar en este caso es superior a la de la pregunta anterior, y también las cantidades son mayores, si bien el 62% no cambiaría su lugar de residencia a pesar de que con ello mejorase el ambiente sonoro de su entorno.

7 - BIBLIOGRAFÍA

- [1] Real decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- [2] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido
- [3] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental
- [4] Informes, estudios y documentos. Contaminación acústica. Defensor de pueblo (2005)
- [5] H. Miedema, H. Vos, Exposure-response relationships for transportation noise. J. Acoust. Soc. Am.104(1998) 3432-3445
- [6] K. Furihat, T. Yanagisawa, D. Asano, K. Yamamoto. Development of an experimental noise annoyance meter. Acta Acustica Vol.93 (2007) 73-85
- [7] B. Coensel, D. Botteldooren, B. Berglund, M.Nilsson, T. Muer, P. Lercher. Experimental investigation of noise annoyance caused by high-speed trains, Acta Acustica Vol.93 (2007) 589-601
- [8] K. Lam, P. Chan, T. Chan, W. Au, W. Hui. Annoyance response to mixed transportation noise in Hong Kong. Appied Acoustic Vol. 70, Issue 1 (2009) Pages 1-10
- [9] Martín Bravo, M^a.A.; Tarrero Fernández, A.I.;González Suárez, J.; Machimbarrena Gutiérrez, M. Exposure-effect relationships between road traffic noise annoyance and noise cost valuations in Valladolid, Spain. Appied Acoustic, Volume 67, Issue 10, October 2006, Pages 945-958.
- [10] H.N. Li, C.K. Chau, M.s. Tse, S.K. Tang. Valuing road noise residents in Hon Kong. Transportation Research Part D Vol. 14, Issue 4, (2009) 264-261