

## ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LA MOLESTIA PERCIBIDA Y CIERTOS PARÁMETROS ACÚSTICOS

43.66.Lj

Barrigón Morillas, Juan Miguel<sup>1</sup>; Vílchez-Gómez, Rosendo<sup>1</sup>; Gómez Monroy, María G.<sup>1</sup>; Izquierdo Maldonado, María<sup>1</sup>; Talavero Lorenzo, Paloma<sup>1</sup>; de la Montaña Gutiérrez, David<sup>1</sup>; Trujillo Carmona, José<sup>3</sup>; Rey Gozalo, Guillermo<sup>1,2</sup>; Gómez Escobar, Valentín<sup>1</sup>; Méndez Sierra, Juan Antonio<sup>1</sup>; Prieto Gajardo, Carlos<sup>1</sup>; Carmona del Río, F. Javier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Extremadura, Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica, Avda. Universidad, s/n, 10003 Cáceres, España; Tel.: +34 927 257 195; Fax: +34 927 257 203; Correo-e.: {barrigon,vilchez,valentin,jmendez,guille,carlosprieto,jcarmona}@unex.es

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chile, 5 Poniente 1670, Talca, Región del Maule, Chile; correo-e.: greyg@uautonoma.cl

<sup>3</sup>Universidad de Extremadura, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Avda. Elvas, s/n, 06071 Badajoz, España; Tel.: +34 924 289 545; Correo-e.: trujillo@unex.es

### ABSTRACT

We performed a study of sound quality, focusing on the annoyance. The data were obtained after recording, using different systems, in different environments or different types of noise and conducting auditions for the sound corresponding cuts. At the auditions the listeners responded to a questionnaire in which, in addition to basic sociodemographic aspects, there were included issues relating to nuisance, pleasantness, loudness and feelings that these recordings caused them. In parallel, each recording is characterized by different acoustic parameters, such as  $L_{Aeq}$ ,  $L_{eq}$ , Loudness and Sharpness. We analyzed the relationship between physical and perceptual parameters and perceived discomfort.

### RESUMEN

Se ha realizado un estudio de calidad sonora, centrándose en la molestia. Los datos se han obtenido tras la grabación, mediante distintos sistemas en diferentes entornos o con diferentes tipos de ruidos y la realización de audiciones de los cortes sonoros correspondientes. En las audiciones los oyentes respondían a un cuestionario en el que, además de aspectos sociodemográficos básicos, se incluían cuestiones relativas a la molestia, el agrado, la sonoridad y las sensaciones que las grabaciones les provocaban. En paralelo, cada grabación viene caracterizada mediante diferentes parámetros acústicos, como  $L_{Aeq}$ ,  $L_{eq}$ , Sonoridad y Agudeza. Se han analizado las relaciones entre los parámetros físicos y perceptivos y la molestia percibida.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido una creciente proliferación de las fuentes de ruido, intrínsecas al desarrollo de la sociedad así como al cambio en los hábitos de vida [1-4]. Debido a ello, se ha realizado un creciente número de estudios que tratan de analizar la preocupación cada vez mayor del problema que supone la contaminación acústica. Los resultados de dichos estudios suelen converger en la relación existente entre altos niveles sonoros y consecuencias biológicas en las personas que los sufren, como irritabilidad, estrés, ansiedad, bajo rendimiento intelectual, mal humor, etc. [5-6].

La exposición repetida y prolongada a elevados niveles de ruido se puede traducir comúnmente como un empeoramiento de la calidad de vida de las personas que los padecen, pues interfiere directamente en sus labores cotidianas y da lugar a lo que se denomina *molestia*. Si se analiza la relación entre un ruido y el efecto que produce sobre las personas, la sensación o percepción más inmediata es la de molestia, aunque existen otros aspectos subjetivos catalogadores del ruido, tanto fisiológicos como psicológicos. Si se estudia con detalle la molestia ocasionada por los sonidos o ruidos, se puede observar una gran cantidad de matices y singularidades diferentes que hacen que su valoración sea muy compleja [7-9].

Por otro lado, entre los factores que pueden afectar a la respuesta comunitaria frente a diferentes sonidos o ruidos, se encuentran las variables demográficas, actitudinales y situacionales. Muchos estudios suelen concluir que el ruido tiene diferentes efectos en personas de diferente edad, sexo, sensibilidad al ruido, situación socioeconómica, etc., por lo que podemos concluir que estos factores influyen en las sensaciones de agrado o molestia que el mismo sonido o ruido produce en cada individuo [10-11].

El objetivo del presente trabajo es estudiar la posible correlación entre la molestia subjetiva y los valores acústicos objetivos para sonidos procedentes de distintos ambientes naturales. Así mismo, se ha realizado un análisis similar para el caso de ruidos generados sintéticamente.

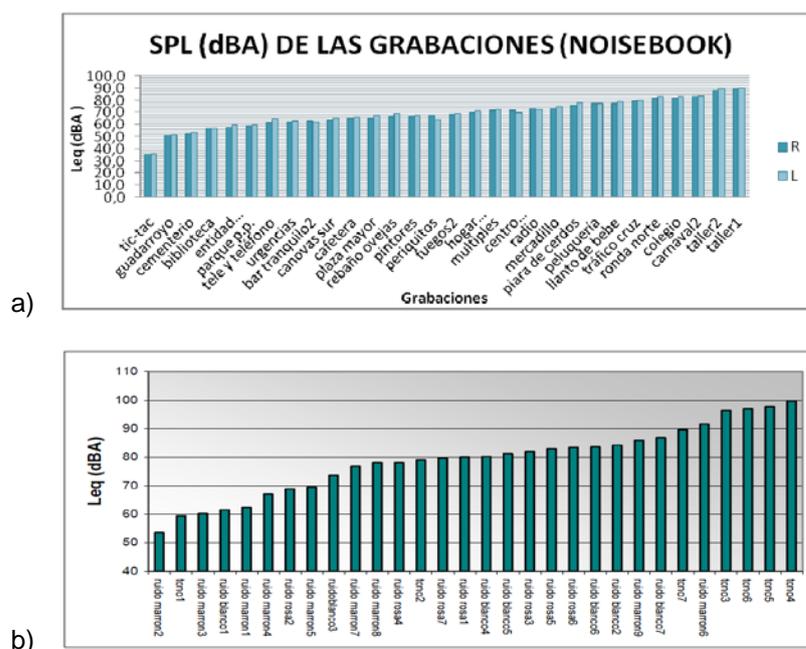
## METODOLOGÍA

Las grabaciones utilizadas en el presente proyecto suelen responder a sonidos cotidianos o ruidos de entornos habituales tratando de abarcar el mayor rango posible para los diferentes parámetros físicos considerados (nivel de presión sonora, sonoridad y agudeza), así como el mayor número de entornos (urbanos, rurales, interiores, naturaleza, etc.) además de ruidos sintéticos. Las grabaciones/audiciones son de tres tipos diferentes: monoaurales (un solo canal de audio, realizado con el sistema de grabación/reproducción Symphonie de 01dB), binaurales (dos canales de audio, realizado con el sistema de grabación/reproducción Noisebook de Head Acoustics) o sintéticos/ruidos artificiales (que son monoaurales, también).

Las muestras de sonidos naturales grabadas corresponden a situaciones muy diversas, tanto en espacios cerrados como en espacios abiertos. Los registros se han hecho durante varios minutos, de los cuales se ha seleccionado el fragmento más característico de cada grabación para nuestro estudio. La duración de estos fragmentos es de 30 s (Figura 1a). En cuan-

to a los ruidos sintéticos, se generaron en torno a sesenta ruidos distintos con el programa Cool Edit Pro sobre bases de ruidos rosa, blanco y marrón y sumando tonos a cada ruido, hasta seleccionar los ruidos que de forma más uniforme recorrieran el mismo rango de parámetros psicoacústicos que los sonidos naturales de la primera parte del estudio (Figura 1b).

Estas grabaciones se presentaron a diferentes sujetos (60 en total) con diferentes características sociodemográficas (edad, estudios, situación laboral, capacidad auditiva, estrés, etc.) que tenían que contestar a una encuesta que constaba de una hoja para rellenar los datos personales, una hoja donde plasmar el valor de la sonoridad estimada para las grabaciones, otra igual para la valoración de la molestia percibida y la última hoja para indicar el nivel de agrado y los sentimientos provocados por cada grabación. Para esta parte de la encuesta, se facilitó una hoja con veinte sentimientos, que contaba con la palabra “otros” para las sensaciones percibidas por el entrevistado pero que no estaban en la lista presentada. La ejecución de la encuesta fue realizada en un lugar tranquilo, aislado de ruidos para conseguir una máxima concentración por parte del entrevistado y a la vez ninguna influencia externa.



**Figura 1.-** a) Nivel de presión sonora en dBA de las grabaciones naturales; b) Nivel de presión sonora en dBA de las grabaciones sintéticas.

Para la evaluación de los parámetros subjetivos, sonoridad y molestia, se utilizó una escala de 0 a 100 con graduaciones intermedias de uno en uno, donde 0 implicaba una total ausencia de sonoridad o molestia, según el caso, y el 100 correspondería a una grabación extremadamente sonora o molesta. La valoración del nivel de desagradado se realizó mediante una escala tipo Likert de 7 puntos (1=muy agradable, 2=bastante agradable, 3=algo agradable, 4= ni agradable ni desagradable, 5=algo desagradable, 6= bastante desagradable, 7= muy desagradable).

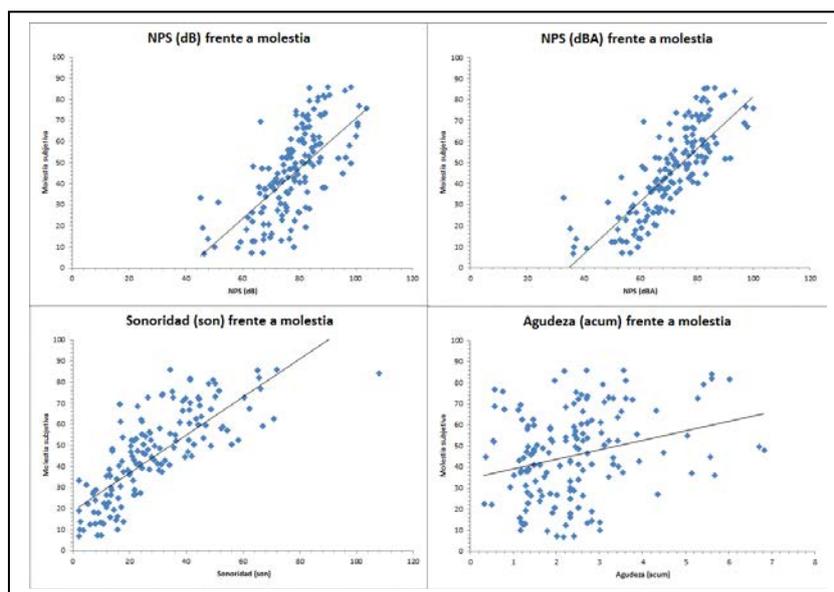
Antes de empezar la encuesta, al oyente no se le presentó un sonido de referencia, sino que él mismo se debía formar su propia referencia en función de lo que iba escuchando,

pudiendo ser cada sonido escuchado otra vez si lo solicitaba. Al principio de la encuesta se explicó a los encuestados el significado de cada uno de los parámetros y la forma de responder la encuesta. El orden de reproducción de las grabaciones fue aleatorio para cada entrevistado.

## RESULTADOS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos cuando se estudia la correlación entre los valores objetivos de las distintas grabaciones (nivel de presión sonora en dB y dBA, sonoridad y agudeza) frente a la valoración subjetiva de molestia por los distintos encuestados. El análisis de la relación entre dichos valores objetivos y los otros parámetros subjetivos obtenidos en las encuestas se deja para futuros trabajos.

En primer lugar, se muestran en la Figura 2 los resultados obtenidos para todas las grabaciones juntas, es decir, las binaurales, las monoaurales y los ruidos sintéticos.

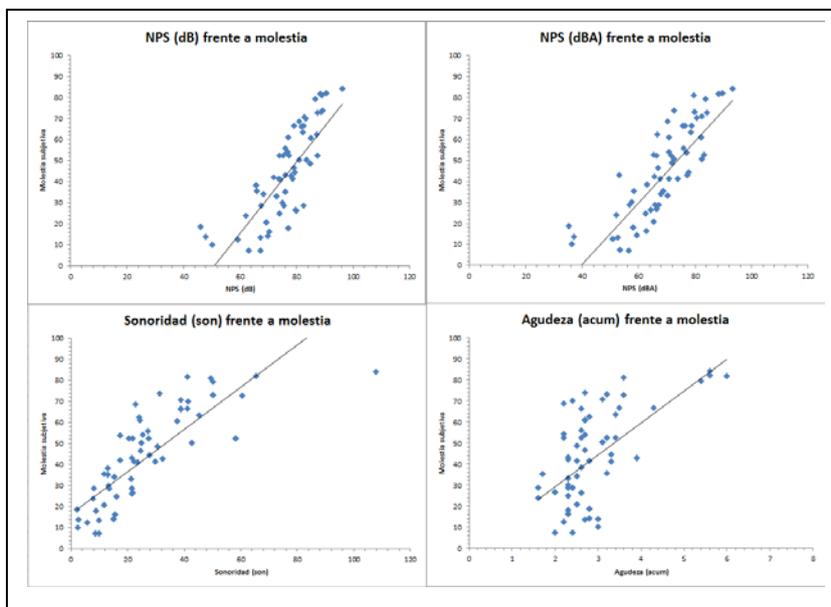


**Figura 2.-** Representación de los valores objetivos de las distintas grabaciones analizadas en el presente trabajo frente a la molestia subjetiva atribuida por los distintos encuestados.

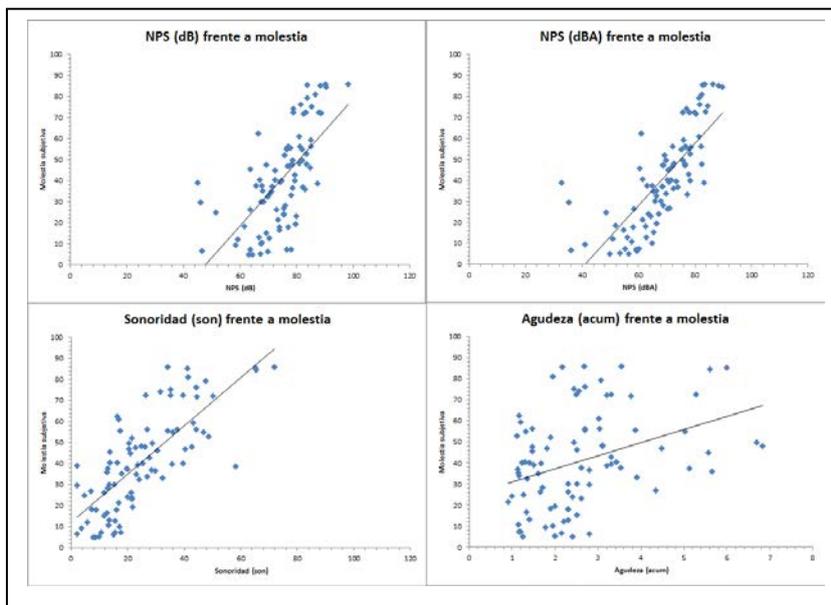
Se puede observar en la Figura 2, aunque más adelante se concretará objetivamente, que existe una correlación clara entre los valores objetivos y los subjetivos, siendo esta correlación lineal más difusa para el caso de la agudeza (lo que es de esperar que se traduzca en un coeficiente de determinación menor y, por tanto, una menor explicación de la variabilidad de la variable subjetiva por parte de la variable objetiva).

En las figuras 3, 4 y 5 se muestran los resultados por separado para las grabaciones binaurales, las monoaurales y los ruidos sintéticos. Como puede verse los resultados obtenidos para las grabaciones binaurales y para las monoaurales son muy similares, siendo de nuevo las grabaciones sintéticas las que conducen a valores más discordantes, sobre todo en el caso

del valor de la agudeza. De hecho, no existe correlación entre la agudeza de las grabaciones que corresponde a los ruidos sintéticos y los valores de molestia asignados por los entrevistados.

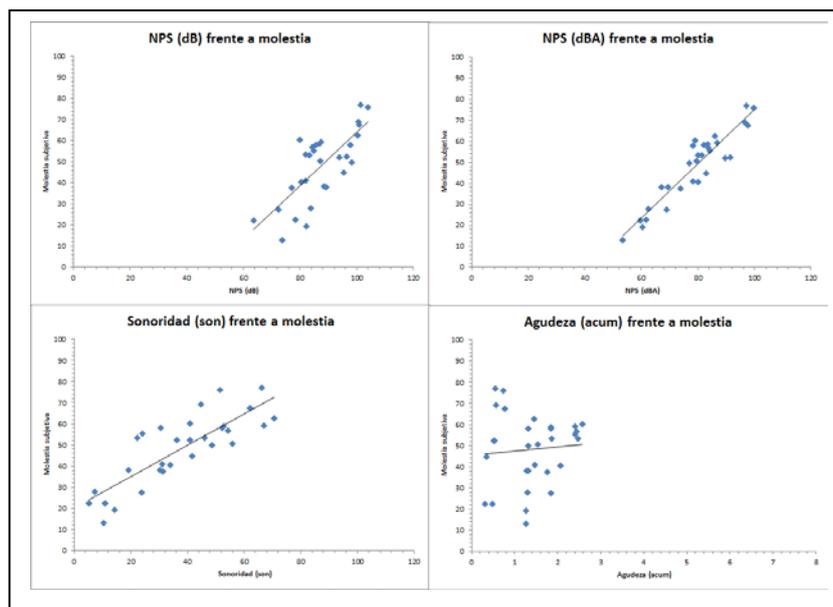


**Figura 3.-** Representación de los valores objetivos de las grabaciones binaurales frente a la molestia subjetiva atribuida por los distintos encuestados.



**Figura 4.-** Representación de los valores objetivos de las grabaciones monoaurales frente a la molestia subjetiva atribuida por los distintos encuestados.

En las tablas 1 y 2 se muestran los valores correspondientes a los coeficientes de correlación y de determinación, respectivamente, obtenidos para el ajuste lineal entre los valores objetivos y la molestia subjetiva. Como puede observarse en la tabla 1, es para el caso del ajuste entre la agudeza y la molestia subjetiva atribuida a los ruidos sintéticos donde no se encuentra correlación entre las variables. En los demás casos, la correlación es altamente significativa.



**Figura 5.-** Representación de los valores objetivos de las grabaciones correspondientes a los ruidos sintéticos frente a la molestia subjetiva atribuida por los distintos encuestados.

**Tabla 1.-** Coeficiente de correlación para los distintos ajustes lineales.

	<b>NPS (dB)</b>	<b>NPS (dBA)</b>	<b>Sonoridad (son)</b>	<b>Agudeza (acum)</b>
<b>Todos</b>	0,662	0,796	0,782	0,269
<b>Binaural</b>	0,785	0,828	0,812	0,643
<b>Monoaural</b>	0,652	0,767	0,756	0,375
<b>Sintéticos</b>	0,747	0,934	0,825	0,084

**Tabla 2.-** Coeficiente de determinación para los distintos ajustes lineales.

	<b>NPS (dB)</b>	<b>NPS (dBA)</b>	<b>Sonoridad (son)</b>	<b>Agudeza (acum)</b>
<b>Todos</b>	0,439	0,634	0,612	0,073
<b>Binaural</b>	0,615	0,685	0,659	0,413
<b>Monoaural</b>	0,425	0,589	0,572	0,140
<b>Sintéticos</b>	0,559	0,872	0,680	0,007

En la tabla 2 se observa que la variable objetiva que explica una mayor proporción de la variabilidad de la variable subjetiva es el nivel de presión sonora medido en dBA, seguido

de la sonoridad, del nivel de presión sonora en dB y la variable objetiva que explica una menor proporción de la variabilidad de la variable subjetiva es la agudeza.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han realizado una serie de grabaciones unas procedentes de distintos ambientales habituales en una ciudad y su entorno y otros sintéticos a partir de distintos tipos de ruidos normalizados y de tonos puros. Estas grabaciones han sido presentadas a un grupo de personas para que valoren subjetivamente la sonoridad, la molestia, el agrado y las sensaciones que dichas grabaciones les producían.

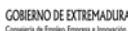
El mejor parámetro objetivo para valorar la molestia subjetiva atribuida por los encuestados a las distintas grabaciones es el nivel de presión sonora en dBA, llegando a explicarse un 69 % de la variabilidad para el caso de sonidos binaurales, un 59 % para el caso de monoaurales y se llega a explicar un 87 % de la variabilidad en el caso de ruidos sintéticos.

El peor parámetro objetivo es la agudeza, que sólo llega a explicar 41 % de la variabilidad en el caso de grabaciones binaurales, un 14 % en el caso de monoaurales y no hay correlación entre la agudeza y la molestia subjetiva para el caso de los ruidos sintéticos.

Entre los otros dos parámetros (sonoridad y nivel en dB), el siguiente que mejor explica la variabilidad de la molestia subjetiva es la sonoridad que llega a explicar entre un 4 % y un 17 % mejor la variabilidad de dicha molestia subjetiva que el nivel de presión sonora en dB.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Consejería de Empleo, Empresa e Innovación - Gobierno de Extremadura (GR10175), Fondo Social Europeo y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Merrington, J. Town and Country in the Transition to Capitalism, *New Left Review* 93, 1975, 71-92 (1975).
- [2] Lefebvre, H. *La révolution urbaine*: Gallimard, Collection Idées, Paris (1970).
- [3] De Vries, J. *European Urbanization 1500-1800*. Harvard Univ. Press, Cambridge (1984).
- [4] United Nations (UN); Population Division. *World urbanization prospects: The 2001 revision*. UN, New York (2002).
- [5] Seyle H. A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature* 138, 32 (1936).
- [6] World Health Organization (WHO). *Guidelines for Community Noise*. (Eds. Berglund, B.; Lindvall, T.; Schwela D.H. and Goh, K.T.) Geneva (2000).

- [7] Schulte-Fortkamp B., Fiebig A. Soundscape analysis in a residential area: an evaluation of noise and people's mind. *Acustica-Acta Acustica*; 92, 875-880 (2006).
- [8] Brambilla G., Maffei L. Responses to noise in urban parks and in rural quiet areas. *Acustica-Acta Acustica* 92, 881-886 (2006).
- [9] Raimbault M, Lavandier C., Bérengier M. Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities. *App. Acoustics* 64, 1241-1256 (2003).
- [10] Griffiths ID, Raw GJ. Adaptation to changes in traffic noise exposure. *J. Sound and Vibration* 132, 331-336 (1989).
- [11] Fields JM. Effect of personal and situational variables on noise annoyance: With special reference to implication for En Route Noise. NASA, Atlanta (1992).