

## PERCEPCIÓN DEL RUIDO POR LOS CIUDADANOS: ESTRATIFICACIÓN DE LA MUESTRA

PACS: 43.66.Ba

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

<sup>(1)</sup>EU Politécnica de la Univ. de Valladolid

C/ Francisco Mendizábal, nº 1

47014 Valladolid

[maruchi@sid.eup.uva.es](mailto:maruchi@sid.eup.uva.es); [ana@sid.eup.uva.es](mailto:ana@sid.eup.uva.es)

### ABSTRACT

The methodology to appreciate how citizens perceive noise and its effects has five main stages and one is: Sample stratification. From the survey results, the sample was stratified into homogeneous groups (clusters). All the people within one cluster must have given similar answers to the questions related to noise perception and annoyance due to noise sources. At a later stage, these groups were also characterized using the remaining questions in the survey. This procedure yields a good description of the reality by gathering "behaviours" and can be used to help taking decisions concerning actions affecting a specific group. When the effect (follow up) of such actions is to be analysed, several randomly individuals are chosen within each group. This is a good way to reduce costs in subsequent phases without damaging the reliability of the results.

### RESUMEN

Dentro de la metodología para conocer como perciben el ruido y sus efectos los habitantes de una población, uno de los pasos es la Estratificación de la muestra en grupos homogéneos, clusters, utilizando como criterio las respuestas de la encuesta relacionadas con la percepción sonora y la molestia de distintas fuentes. En esta comunicación se describe el procedimiento utilizado y las características de los clusters obtenidos en el estudio realizado en la población de Málaga. Seleccionando representantes en cada cluster se puede reducir de forma importante el tiempo invertido y el coste en la toma de datos de fases posteriores sin que se resienta la fiabilidad de los resultados.

## 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].

Con la elaboración de los mapas de ruido se ponen de manifiesto las zonas de la ciudad donde se superan los niveles aceptables que marca la normativa, así como el porcentaje de la población que está sometida a estos niveles. Pero además es obligado hacer un estudio psicosocial de la molestia originada por el ruido, lo que incluye la determinación de los altamente molestos con el ruido, de las fuentes más molestas y de los principales efectos originados por el ruido [4,5,6]. Este tipo de estudio tiene una consecuencia obligada por la Ley del Ruido, el planteamiento de Planes de Acción en materia de contaminación acústica correspondientes a los ámbitos territoriales de los mapas de ruido, para afrontar globalmente los problemas correspondientes a la contaminación acústica, y 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.

Una vez aplicadas las acciones que se han planteado en cada zona para reducir el ruido, hay que hacer una nueva consulta a la población para ver cómo se perciben dichas acciones. Si se consigue seleccionar una muestra reducida que sea representativa de la población, se pueden reducir considerablemente tanto los costes económicos como el volumen de trabajo. Actualmente la estratificación de una muestra en clusters se lleva a cabo en campos tan distintos como el comercial, en el sector bancario, en el campo de la medicina, etc. También aparecen publicaciones en el campo de la acústica donde se aplica un análisis por clusters, como se pone de manifiesto en [7].

## 2 - OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo 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 podrán establecer 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, o clusters, y la selección de unos “testigos” o representantes de la población, que permitirán hacer el seguimiento de las acciones de mejora propuestas. Esta última parte de la metodología propuesta es la que se desarrolla en esta comunicación.

## 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 última fase del procedimiento “estratificación de la muestra”. Las cuatro fases anteriores se describen en las comunicaciones tituladas “Percepción del ruido por los ciudadanos: procedimiento y resultados” y “Percepción del ruido por los ciudadanos: relaciones dosis-efecto y coste-beneficio”, que se presentan 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.

#### **4 - ESTRATIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

A partir de los resultados de la encuesta, se procede a la estratificación de la muestra en grupos homogéneos (cluster), utilizando como criterio las respuestas relacionadas con la percepción del ruido y la molestia de las distintas fuentes. Con este procedimiento se pretende tener una descripción de la realidad agrupando comportamientos, y se utilizará para decidir las posibles acciones que se llevarán a cabo para reducir el ruido, destinadas a grupos específicos, y para analizar el seguimiento posterior del efecto que han tenido esas acciones.

El procedimiento a seguir consta de los siguientes pasos:

- Analizar la estructura de la percepción del ruido (estudio psicosocial).
- Identificar las mayores fuentes de variabilidad en cuanto a la percepción de los individuos.
- Localizar grupos de individuos que ofrecen respuestas similares al conjunto de las preguntas diseñadas para describir esta percepción del ruido (variables activas), y caracterizar estos grupos utilizando también las restantes preguntas de la encuesta (variables ilustrativas).
- Seleccionar representantes dentro de cada grupo (testigos) con objeto de realizar sobre ellos el seguimiento posterior de la percepción.

##### **4.1 - Resultados Preliminares de la Encuesta**

Disponemos de una muestra de 741 individuos con 56 preguntas ó “variables”, que ha sido recogida en la ciudad de Málaga por el procedimiento de rutas aleatorias durante el año 2008. Las respuestas acerca de molestias presentan correlaciones positivas de magnitud media, y lo mismo ocurre con el grupo de respuestas acerca de la satisfacción con diferentes aspectos de la ciudad. Las respuestas de un grupo (molestias) tienen un sentido contrario a las del otro (satisfacción, y al cruzar entre sí variables de ambos grupos aparece una colección de correlaciones no muy altas, aunque todas de sentido negativo como cabría esperar. Vemos así que existen correlaciones positivas entre: 1) Las molestias por el ruido nocturno y por el ruido diurno; 2) Las molestias provocadas por vecinos y las molestias por instalaciones; 3) Considera ruidosa su calle, considera ruidosa su ciudad y las molestias por el ruido del tráfico rodado; 4) Todas las restantes variables activas, a excepción de las molestias provocadas por los electrodomésticos; 5) Irritabilidad y todas las dificultades del sueño, con el tráfico principalmente. Estas correlaciones permiten reducir el número de preguntas de la encuesta y facilitar la recogida y la interpretación de los resultados.

##### **4.2 - Análisis de Componentes Principales ( ACP)**

El procedimiento que se ha seguido en este estudio no fija el número de clusters sino que, como hacen los métodos jerárquicos, se construye un árbol que permite explicar cómo se van reuniendo los individuos, y a la vista de los resultados se decide el número de clusters que interesa en cada caso, es decir, los datos son los que marcan el número de clusters.

En primer lugar se aplica un Análisis de Componentes Principales que resume la información por medio de unas pocas variables artificiales, combinación de las originales, identificando las principales fuentes de variabilidad en los datos. Se trata de reducir el número de variables con la mínima pérdida de información posible. Esto permite por un lado, dibujar en pocas dimensiones la nube de individuos y los grupos, visualizando de forma rápida proximidades entre ellos; y por otro lado, permite también representar la compleja estructura de correlaciones entre variables.

Como variables activas se han utilizado las preguntas de la encuesta referentes a satisfacción, molestia y fuentes, de la encuesta psicosocial utilizada. A continuación se hace una descripción de las cuatro primeras CP o factores.

La primera CP recoge un 30,61% de la información total. Presenta correlaciones positivas medio-altas con todas las preguntas sobre molestias, salvo tráfico ferroviario, aeroportuario y electrodomésticos; y negativas con las dos preguntas activas sobre satisfacción con el nivel de ruido nocturno y diurno. La primera fuente de variabilidad en los datos tiene pues una interpretación clara como un "factor tamaño" que recoge el grado de molestia global del ciudadano con el nivel de ruido que percibe en su entorno. Valores altos de este primer factor llevan asociados valores altos de casi todas las variables que recogen los diferentes aspectos de las molestias ocasionadas por el ruido y valores bajos de las variables de satisfacción.

La segunda CP recoge el 11.19% de la información total. Contrapone la existencia de individuos que consideran ruidosa su calle y están molestos con el ruido del tráfico rodado por encima de la media, a otros que no están especialmente molestos con él de una forma global, aunque señalan molestias por encima de la media en la calle por otras fuentes: Actividades de ocio, aglomeraciones, obras, autobuses, instalaciones y electrodomésticos.

La tercera CP que recoge un 9% de la información total, contrapone sensaciones de molestia por el ruido, molestias por encima de la media debidas a las actividades de ocio y aglomeraciones a una menor sensación de molestia por el ruido proveniente de obras y recogidas de basura.

La cuarta CP que recoge un 7% de la información total, contrapone mayor sensación de molestia diurna y nocturna por el ruido ambiente de tráfico, a menor sensación de molestia para aglomeraciones y actividades de ocio.

Utilizando las dos primeras CP, se recoge el 42% de la información y al añadir la 3ª y la 4ª, se recoge el 58% de la información aportada por las 18 preguntas activas.

### **4.3 - Clasificación de la Muestra**

Se aplican técnicas de Clasificación Automática sobre las Componentes Principales para estratificar la muestra en grupos lo más homogéneos posibles, de manera que los individuos dentro de un mismo grupo dan puntuaciones parecidas en todas las cuestiones que hemos declarado como variables activas. Hemos utilizado técnicas mixtas con estabilización final de las clases por centros móviles. Dentro de una clase los individuos responden de forma similar al conjunto de preguntas activas.

En la primera fase, no jerárquica, se realizan dos clasificaciones diferentes en 20 grupos por el procedimiento de centros móviles. Al cruzarlas han aparecido 114 clases estables, que son las que se emplean como base de la fase jerárquica. A la vista del dendograma obtenido el corte se selecciona en 10 clusters, cuya representación en los planos factoriales 1-2 se muestra en la figura 1.

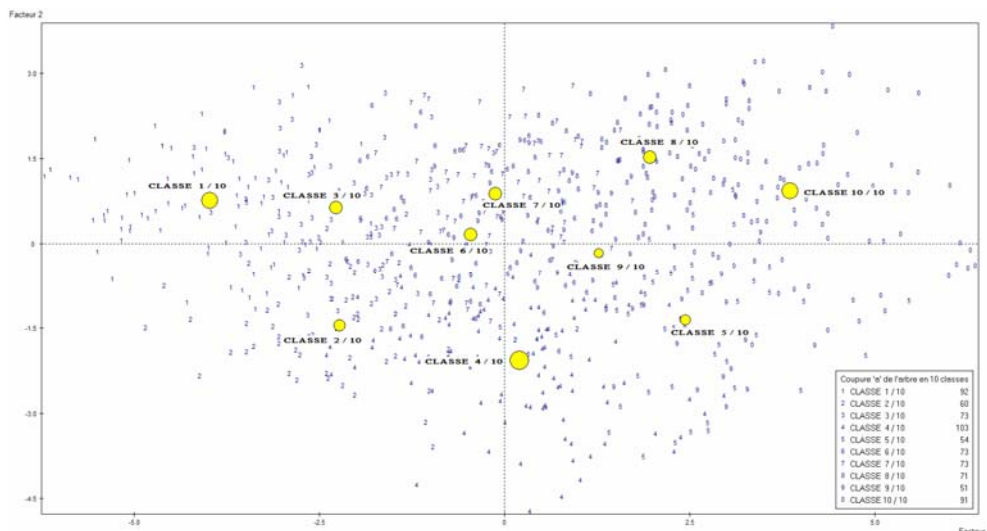


Fig. 1. Representación de las clases en los planos factoriales 1-2

Recordemos que el eje 1 ha resultado ser una medida de molestia/satisfacción generalizada, y el eje 2 contrapone tráfico a otras fuentes. Por tanto, dentro del plano 1-2, cuanto más a la derecha aparezca representado un individuo, una clase o una modalidad, mayor será su grado de molestia e insatisfacción generalizada. Cuanto más a la izquierda, menos molesto y más satisfecho. Cuanto más abajo, más molesto con el ruido del tráfico rodado y cuanto más arriba, menos molesto con él y más molesto con las restantes fuentes de ruido. Observando la posición que ocupa dentro de los planos factoriales, se deduce que los individuos más molestos por el ruido se reúnen en la clase 10. Las clases 8 y 5 presentan posiciones menos extremas y se diferencian entre sí por la posición dentro del eje 2, lo cuál indica que la clase 8 está más molesta por fuentes diferentes del tráfico rodado. La clase más satisfecha y menos molesta es la 1, seguida de la 2 y la 3...

#### 4.4 - Descripción de los Custers

A partir de la información obtenida se describe cada una de las clases, extrayendo para cada una de ellas las características diferenciales más marcadas. Los calificativos "alto" y "bajo" deben entenderse no en términos absolutos si no en relación a la media en la muestra completa. Los cluster 1 y 10, los más satisfechos y los mas insatisfechos respectivamente, tienen un tamaño similar en torno al 12% y el más pequeño es el 9 con el 6,9% de la muestra total.

Las personas que pertenecen al cluster 1 están satisfechas no sólo con las cuestiones relativas al ruido en la ciudad, si no también con los otros aspectos complementarios que la encuesta contempla (con puntuaciones medias por encima de 3 y de 4, en una escala de 5), a además, puntúan bajo muchas preguntas sobre diferentes molestias. El valor medio de Lden en este grupo es 53.09 dBA, seis dBA por debajo de la media (59.45 dBA). No han cambiado de residencia por el ruido ni han presentado queja oficial. En este grupo las mayores molestias se producen fuera de su vivienda y en horario festivo diurno. Hay menos personas con estudios universitarios y del grupo de edad de 36-45 años que en la muestra global.

A los individuos del cluster 10 todo les molesta mucho, aglomeraciones, actividades de ocio, ruidos urbanos, recogida de basuras, obras, tráfico rodado, ... con medias por encima de 3 y 4; Tienen problemas de sueño, de concentración y rendimiento intelectual, ... con medias entre 2 y 3. Insatisfechos en todos los aspectos: Entorno, ruido diurno, aceras, alumbrado, aire, agua, seguridad ciudadana, ruido nocturno, calidad de construcción, aparcamientos, transporte... Un 30% ha cambiado su lugar de residencia por el ruido (frente al 12% en el global), el 23% ha presentado queja oficial (11% en el global), un 33% tienen 36-45 años (19% en el global), un 60% conoce la existencia de legislación sobre ruido (47% en el global) y un 18% son desempleados (9% en el global). Están dispuestos a participar en el estudio (3.6 frente al 2.9 global), consideran que el Ayuntamiento no aplica correctamente la legislación sobre ruido (1.6

frente a 2.1 global) y creen que debe aumentar mucho la inversión municipal para mejorar el ruido ambiente de la ciudad (4.15, algo mayor que la media global, 3.8).

En la tabla 1, se resumen las características principales de cada uno de los 10 clusters, respecto a los resultados de la muestra total, y el porcentaje de encuestados que pertenece a cada cluster.

#### 4.5 - Selección de los Representantes

La estructura obtenida mediante la estratificación se aprovecha para seleccionar representantes dentro de cada cluster, con objeto de realizar sobre ellos el seguimiento posterior de la percepción. De esta manera se consigue reducir de forma importante el tiempo y los costes para la toma de datos de las fases posteriores, sin que se resienta la fiabilidad de los resultados. La elección de la submuestra se hará de forma aleatoria dentro de cada cluster, respetando una afijación proporcional.

Tabla 1. Resumen de las características de los cluster y porcentaje de la muestra total que pertenece a cada cluster

CLUSTER	%	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
1	12.4	<b>Satisfechos con todo.</b> Menor proporción de universitarios que en la muestra global. Menor proporción del grupo de edad de 36-45 años que en la muestra global. Están sometidos a Lden bajo.
2	8.1	Casi no tienen problemas con el ruido salvo con el <b>tráfico aeroportuario</b> . Están <b>satisfechos</b> . Sometidos a Lden bajo.
3	9.9	Molestos fuera de la vivienda con el <b>ruido ambiente</b> . Satisfechos con todo
4	13.9	Consideran su calle muy ruidosa. <b>Molestias leves por el tráfico</b> rodado
5	7.3	<b>Molestos e insatisfechos con todo.</b> Con problemas de sueño, molestias en el interior de la vivienda. Un 21% mas de mujeres que en la muestra total, Lden alto
6	9.9	Molestos por la <b>recogida de basuras</b> . Grado de satisfacción un poco por encima de la media. Menor proporción de universitarios que en la muestra global
7	9.9	La molestia del <b>tráfico</b> está por debajo de la media y la de las otras fuentes por encima de la media. Mayor proporción del grupo de edad 15-25 y menor proporción del grupo 56-65 que en la muestra global.
8	9.6	<b>Moderadamente molestos e insatisfechos con todo.</b> Han presentado quejas oficiales, se han cambiado de residencia. Menor proporción de mayores de 65 años y mayor proporción del grupo de 26-35 años que en la muestra global
9	6.9	Muy molestos por las <b>actividades de ocio</b> pero sin problemas con otras fuentes. Con problemas de sueño, han presentado quejas oficiales y dicen que el Ayuntamiento no cumple la normativa. No hay nadie con edad de 15 a 25 años
10	12.3	<b>Muy molestos e insatisfechos con todo</b> Conocen la legislación, han presentado quejas oficiales, han cambiado de residencia, tiene problemas de sueño. Edad entre 35-46

#### 5 - CONCLUSIONES

Del procedimiento planteado para hacer estudios de la percepción de la molestia ocasionada por el ruido, podemos concluir lo siguiente:

- A partir de los resultados de la encuesta se puede estratificar la muestra en grupos homogéneos o clusters utilizando como criterio las respuestas relacionadas con la percepción del ruido y la molestia de las fuentes.
- Con esta técnica se describe la realidad agrupando comportamientos, para lo que se realiza un análisis de las componentes principales que mediante técnicas de clasificación automática permite estratificar la muestra.
- De cada una de los clusters se seleccionan representantes que permitirán realizar sobre ellos el seguimiento de la percepción con un coste mucho menor y sin que se resienta la fiabilidad de los resultados.

## 6 - 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] Martín Bravo, M<sup>a</sup>.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. *Applied Acoustic*, Volume 67, Issue 10, October 2006, Pages 945-958
- [5] Herranz Pascual, M.K., Lasa Salamer, J., Impacto psicosocial del ruido, hacia un Bilbao sostenible. ICA 2007.
- [6] Aspuru, I.; Herranz Pascual, M.K.; Analysis of some results of psychosocial noise impact studies in Spain. ICA 2007.
- [7] Jian Ge, Jiang Lu, Ken Morotomi, Kazunori Hokao, Developing Soundscapegraphy for the Notation of Urban Soundscape: its Concept, Method, Analysis and Application. *Acta Acustica*, Vol. 95 (2009) 65-75