

## SONIDOS NATURALES Y ENTORNO URBANO. ¿SON COMPATIBLES?

PACS: 43.50. Qp

Pedro Atanasio Moraga<sup>1</sup>, Juan Miguel Barrigón Morillas<sup>1</sup>, Guillermo Rey Gozalo<sup>2</sup>, David Montes González<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura  
Avda. de la Universidad s/n, Cáceres, 10003, España  
Tel: (+34) 927 257195, Fax: (+34) 927 257203  
E-mail: pedroam@unex.es

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile  
5 Poniente 1670, 3460000 Talca, Región del Maule, Chile  
Tel: (+56) 71 273 5765  
E-mail: guillermoreygozalo@gmail.com

**Palabras Clave:** soundscape, paisaje sonoro, planificación urbanística.

### ABSTRACT

The ISO 12913-1 establishes that soundscape must refer to the perceive acoustic environment in its context. This definition opens the possibility to modify the sounds of an environment, as long as the assesment of perception takes place in the same context and the participants are in a natural situation within it.

A perception study has been carried out (semantic differences, ecological validation, interactions between differents senses...) in three environments with predominance of anthropogenics sound sources and differents uses and characteristics, introducing in them non anthropogenics sound sources and comparing both situations.

### RESUMEN

La normativa ISO 12913-1 establece que el paisaje sonoro ha de referirse al ambiente acústico percibido en su contexto. Esta definición abre la posibilidad de modificar los sonidos de un entorno, siempre que la evaluación de la percepción se realice en el mismo contexto y que los participantes se encuentren en una situación natural dentro del mismo.

Se ha llevado a cabo un estudio de percepción (diferencias semánticas, validación ecológica, interacciones entre diferentes sentidos...) en tres entornos con predominio de fuentes antropogénicas y diferentes usos y características, introduciendo en ellos sonidos de origen no antropogénico y comparando ambas situaciones.

### INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud considera al ruido como la segunda causa de contaminación ambiental [1], solamente por detrás de la polución del aire. El entorno sonoro que rodea al ser humano ha cambiado de manera muy importante a lo largo de su evolución. Este cambio se ha producido con gran rapidez en los últimos siglos, tanto que se ha producido

un problema de adaptación, traducéndose en situaciones de estrés con graves consecuencias para la salud [2,3].

El frenético ritmo de vida actual o el ingente aumento del parque automovilístico han provocado un aumento de los niveles sonoros [4], colocando al ruido en el punto de mira de los planificadores urbanísticos dentro de las ciudades.

En este sentido, se han llevado a cabo estudios que establecen relaciones entre lugares con distintos usos dentro de las ciudades, tales como zonas verdes, colegios, plazas, etc. y el efecto que puede provocar el ruido en las personas que hacen uso de ellos [5,6]. Tradicionalmente, y según se recoge en la Directiva Europea de Ruido, se ha cuantificado el nivel sonoro en estos lugares mediante la obtención de determinados indicadores sonoros que permiten desarrollar los mapas de ruido [7,8], ayudando a comprender mejor la situación de cualquier tipo de entorno.

Pero la situación acústica de un entorno no debería establecerse sólo por el nivel sonoro presente en él. Hay multitud de variables que afectan a la percepción sonora de los usuarios de estas zonas, y que es muy necesario tener en cuenta en la valoración de un lugar. Factores sociológicos como la edad, el sexo, el nivel de estudios, el nivel de estrés, etc.; aspectos asociados a las características no específicamente sonoras propias del entorno, como son la limpieza, la calidad del aire, los olores, la estética, etc.; pueden decantar la valoración del paisaje sonoro de un entorno de forma positiva o negativa.

La idea principal de este estudio es introducir sonidos de forma artificial y con un marcado carácter natural en entornos urbanos, donde predominan sonidos de origen antropogénico, para evaluar la influencia que estos sonidos naturales, pero ajenos al entorno, ejercen sobre la percepción del propio paisaje sonoro y de otras características del entorno.

Es por eso que este estudio se centra principalmente en la evaluación subjetiva de los entornos elegidos mediante la realización de cuestionarios a los usuarios, teniendo como objetivo principal establecer unas pautas para mejorar las condiciones acústicas de determinados entornos urbanos, conservando también así las condiciones acústicas de los mismos.

## **METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo este estudio era condición indispensable elegir una ciudad que tuviera zonas bien diferenciadas en lo que a uso se refiere. Como ya se ha comentado anteriormente, el tráfico es la principal causa de contaminación acústica en las ciudades, por lo que necesitábamos alguna zona en la que estuviera muy presente el mismo, así como áreas más tranquilas en las que casi no se note la presencia de los vehículos.

Finalmente la ciudad que permitía de una forma adecuada este estudio y que fue seleccionada es la de Villanueva de la Serena. Esta localidad, situada al sureste de la provincia de Badajoz, cuenta con alrededor de 30000 habitantes. Es una pequeña ciudad en la que la actividad económica está basada, principalmente, en la agricultura y la ganadería.

Junto con Don Benito, conforma el eje industrial y comercial de la zona centro y sur del este de Extremadura. Tanto es así que según el libro "Atlas de la crisis: impactos socioeconómicos y territorios vulnerables en España" [9], publicado en 2015, esta ciudad está entre las 10 que mejor

han resistido la crisis y que mejor calidad de vida tienen en España, junto con otras 9 ciudades del País Vasco.

Además, en esta ciudad hay instalados varios sistemas electroacústicos, centralizados en distintos lugares, para ambientar las calles de la ciudad en determinadas épocas, lo que nos permite llevar a cabo nuestro estudio de manera segura y efectiva. Haciendo uso de un amplificador de 1000W y una mesa de mezclas de 3 canales, controlábamos el sistema para llevar los sonidos a los lugares elegidos mediante unos altavoces de baja impedancia con 50 W RMS de potencia, una sensibilidad de 85 dB a 1W/1m y una respuesta en frecuencia que va

desde los 55 hasta los 20000 Hertzios, colocados aproximadamente cada 15 metros a cada lado de las calles. Para que la experiencia se desarrollase de una forma adecuada, se reprodujeron también los sonidos en calles contiguas a la zona de estudio, para que cuando se abordara a los viandantes para realizar la encuesta, estuvieran ya inmersos en el nuevo ambiente sonoro de la ciudad.

### Entornos bajo estudio

La primera zona, la calle San Francisco, es un lugar con predominio de sonidos de tráfico. Esta calle es la arteria principal de la ciudad, con tráfico en un solo sentido, incluyendo dos nodos de distribución de vehículos en su inicio y en su final. Además, hay gran cantidad de negocios comerciales en ella, ubicándose en su parte central la Plaza de Abastos, lugar al que acuden muchos ciudadanos a comprar productos frescos, y un pequeño hospital. Existen, además, varios aparcamientos públicos cercanos a esta calle destinados principalmente al estacionamiento de vehículos en cortos periodos de tiempo.

La siguiente zona es la calle Ramón y Cajal. Es una calle peatonal de carácter eminentemente comercial, conformándose también como una zona de paso entre la primera de las zonas elegidas y la Plaza de España, lugar en el que finaliza la misma. En la parte central de esta calle nos encontramos una pequeña plaza, con un parque infantil y varios establecimientos dedicados a la hostelería.

La Plaza de España ha sido reformada y peatonalizada recientemente, convirtiéndose casi de manera inmediata en un nuevo entorno común para los ciudadanos. Este lugar tiene un marcado carácter social en la ciudad. No en vano se encuentran en ella el Ayuntamiento, los Servicios Sociales y la Iglesia principal de Villanueva, además de varios negocios de hostelería. Muy cercano a ésta se encuentra el parque de la Constitución, una pequeña zona verde en el corazón de la urbe.



Figuras 2 y 3.- Ciudad y espacios urbanos elegidos

**Recogida de datos: medidas, grabaciones y encuestas.**

Para el desarrollo de esta investigación se han colocado, con un mes de antelación sobre el proceso de encuestación, varios sonómetros por las zonas anteriormente indicadas. De esta manera podemos obtener datos fiables de los niveles sonoros existentes en ellas. A lo largo de toda la experiencia se ha tenido en cuenta que los niveles sonoros cuando introducimos los

sonidos sean similares a los niveles sonoros cuando esos sonidos no están presentes. De esta manera conseguimos que los niveles sonoros del ambiente sonoro creado de manera artificial sean equivalentes a los correspondientes al ambiente sonoro propio del lugar. Además, durante el procedimiento de encuestado, se han llevado a cabo mediciones de niveles sonoros de 1 minuto a pie de calle mediante un sonómetro B&K 2250L.

Durante todo el proceso, con y sin introducción de sonidos, se han realizado grabaciones binaurales, de forma aleatoria, con el sistema *NoiseBook* de *Head Acoustics*, con una duración de 100 segundos, analizando posteriormente el espectrograma de las mismas (figuras 4 y 5) e identificando claramente los sonidos introducidos en torno a los 5 kHz. En el caso de la grabación que mostramos, en la cual se podían escuchar diferentes tipos de aves, vemos como el nivel sonoro global del entorno no ha aumentado. Los niveles de presión sonora más altos son debidos al murmullo de la gente presente en la zona.

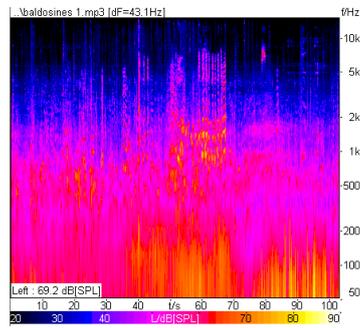


Figura 4.-Espectrograma Ramón y Cajal sin sonidos

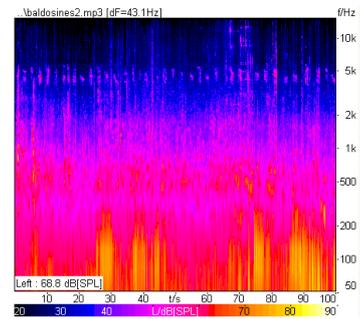


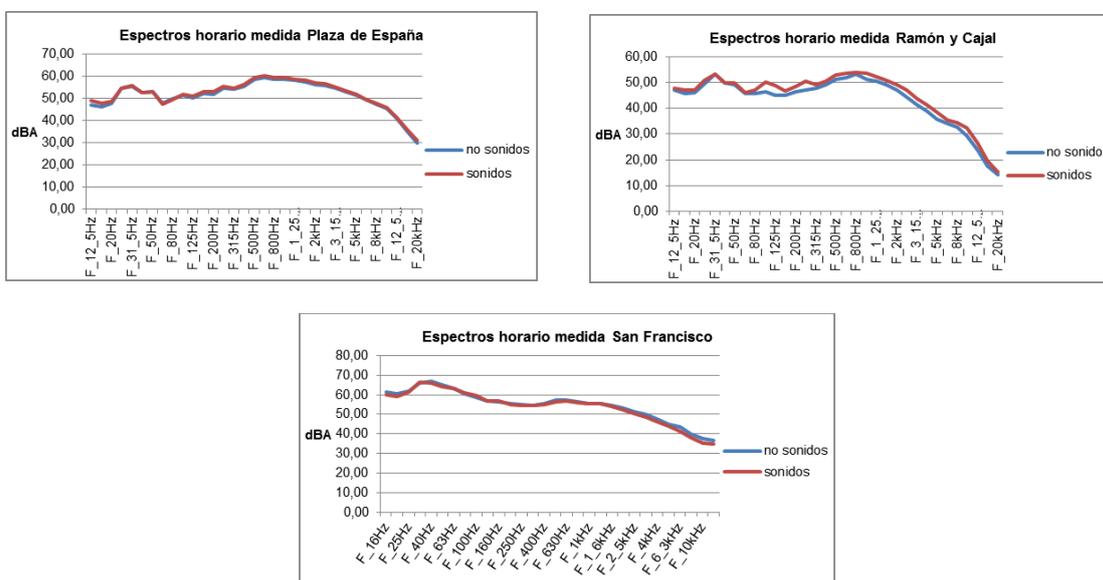
Figura 5.-Espectrograma Ramón y Cajal con sonidos

Se han realizado 107 encuestas en total, 58 sin introducir sonidos y 49 introduciéndolos. Las encuestas estaban orientadas a evaluar la percepción del ambiente sonoro en el que se encontraban las ciudadanos, preguntándoles, en primer término, por la impresión general y el confort, siempre desde el punto de vista del sonido; en segundo término, por diferentes características del entorno que puedan tener algún tipo de interacción con la percepción global del paisaje sonoro: limpieza, calidad del aire, olores o estética del entorno; en tercer término, se hace un estudio de diferencias semánticas y del nivel de molestia; y, ya, en cuarto lugar, se ha preguntado por las fuentes sonoras identificadas y por la información sociológica de la persona, tales como sexo, ciudad de procedencia y edad. Se ha utilizado una escala de Likert de 0 a 7, donde 0 es nada y 7 es mucho.

La parte práctica de la investigación se llevó a cabo durante 2 semanas entre Agosto y Septiembre de 2015. La primera de ellas se evaluó la percepción sin la introducción de sonidos. En la segunda introdujimos los sonidos y realizamos de nuevo el proceso de encuestado, obteniendo así la valoración de la situación acústica del lugar con un paisaje sonoro creado por nosotros.

**RESULTADOS Y ANÁLISIS**  
**Situación acústica del lugar**

Como hemos especificado anteriormente, pretendemos crear un nuevo paisaje sonoro sin modificar la situación acústica de los entornos respecto de los niveles sonoros presentes en ellos antes de la introducción de las grabaciones.



Figuras 6,7,8.- Espectros larga duración con y sin sonidos introducidos en los distintos entornos

Analizando los espectros semanales en tercios de octava de los equipo de larga duración (Fig. 6, 7, 8), realizados como el promedio de los niveles sonoros en las horas en las que se introdujeron los sonidos, observamos que casi no se modifican los niveles sonoros, incluso en un análisis en frecuencia por bandas de tercio de octava. Existen ligeras diferencias en ciertas frecuencias en la calle Ramón y Cajal, debido principalmente a eventos sonoros puntuales que se dieron en la calle durante la realización de las encuestas.

Se ha decidido evaluar la situación acústica del lugar dividiendo el análisis en entorno con y sin ruido de tráfico, debido al gran parecido entre las dos zonas peatonales (Ramón y Cajal, Plaza de España)

La situación es muy similar si comparamos los niveles sonoros equivalentes con ponderación A de las mediciones de un minuto realizadas alrededor de las encuestas y los niveles obtenidos mediante las mediciones de larga duración, consiguiendo unos niveles sonoros casi iguales en los casos de tráfico y no tráfico, con y sin sonidos introducidos (tablas 1, 2, 3 y 4)

Entorno sin tráfico	
2250L B&K	Leq (dBA)
Con sonidos	64.3
Sin sonidos	67.7

Tabla 1.- LAeq zona sin tráfico (1')

Entorno con tráfico	
2250L B&K	Leq (dBA)
Con sonidos	66.8
Sin sonidos	62.5

Tabla 2.- LAeq zona con tráfico (1')

Zona sin tráfico							
OPERA 01 dB	Ln (dBA)	Ld (dBA)	Le (dBA)	Lden (dBA)	LAeq24h (dBA)	LAFmax24h (dBA)	Nº veces LAFmax24h >90 dBA
Semana introduciendo sonidos	54.7	63.4	66.4	66.4	62.8	95.0	23.0
Semana sin introducir sonidos	55.8	62.2	66.6	66.5	62.3	98.3	40.0

Tabla 3.- Niveles equivalentes ponderados A de las mediciones de larga duración en la zona sin tráfico.

Zona con tráfico							
B&K	Ln (dBA)	Ld (dBA)	Le (dBA)	Lden (dBA)	LAeq24h (dBA)	LAFmax24h (dBA)	Nº veces LAFmax24h >90 dBA
Semana introduciendo sonidos	55.7	63.1	63.4	65.4	62.1	95.8	16.0
Semana sin introducir sonidos	56.4	63.2	64.3	65.9	62.1	94.3	15.0

Tabla 4.- Niveles equivalentes ponderados A de las mediciones de larga duración en la zona con tráfico.

Si analizamos los indicadores de ruido establecidos en la Directiva Europea [10], en las zonas sin tráfico el nivel tarde (Le) es claramente superior al nivel día (Ld). Esto es debido a que el estudio se realizó durante el caluroso verano de Extremadura, en el cual se superan los 30 grados desde primera hora de la mañana. Las personas comienzan a hacer “vida normal” a partir de las siete de la tarde, razón por la cual las tiendas suelen estar abiertas al menos hasta las nueve de la noche. Además, es a partir de esta hora a la que salen a tomar café o cenar en alguno de los locales de hostelería presentes en todo el entorno sin tráfico, haciendo así que el proceso de encuestas se alargara al menos hasta las diez de la noche. No ocurre lo mismo en la zona con tráfico, fuente muy influenciada por la temporalidad de la actividad laboral, haciendo que los niveles día y tarde sean muy similares.

### Estudio subjetivo de los entornos

En general, la valoración de los entornos por parte de los encuestados es positiva, aumentando cuando introducimos los sonidos en los lugares elegidos (figura 9)

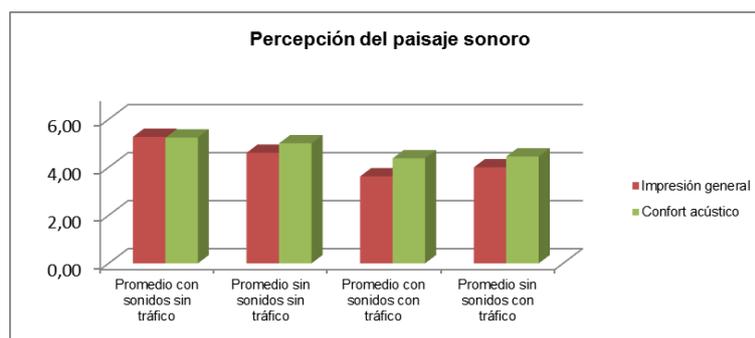


Figura 9.- Percepción del paisaje sonoro de ambos entornos con y sin sonidos introducidos.

El entorno mejor valorado es el entorno sin tráfico cuando introducimos los sonidos, seguido del mismo tipo de entorno sin nuestros sonidos presentes en el mismo. Esta valoración positiva es más evidente en la evaluación de la impresión general del entorno. En general, los encuestados identifican perfectamente los sonidos introducidos, interpretándolos como una fuente sonora más del ambiente acústico del lugar.

Si analizamos el entorno con tráfico, la evaluación cuando introducimos los sonidos es similar para el confort acústico, pero inferior en el caso de la impresión general. La mayoría de los

encuestados reconocen los sonidos introducidos en la zona con tráfico cuando se les pregunta por las fuentes sonoras percibidas. El ruido del tráfico no es constante en la zona, lo que deja pequeños espacios de tiempo sin el sonido de los vehículos, permitiendo identificar otras fuentes sonoras que pueden hacer más agradable la estancia de los usuarios. Pero en el global de la situación, el predominio del ruido de tráfico hace que las situaciones con y sin sonidos introducidos se igualen. Según R.M. Schafer [10], el paisaje sonoro está compuesto de sonidos principales que identifican la pieza, señales sonoras que están en el fondo y que se escuchan conscientemente y marcas sonoras, que son sonidos únicos en el área de escucha. Los sonidos principales en la calle San Francisco serían los debidos al tráfico (incluso la marca sonora del entorno), y las señales sonoras podrían ser, entre otros, los sonidos introducidos. Los usuarios perciben estas señales y las detectan, pero no cambia mucho su percepción de un entorno en el que, todas las veces que han hecho uso de él, han escuchado casi solamente tráfico.

Respecto del estudio de características del entorno, la evaluación general es mejor cuando los sonidos son introducidos en los entornos en ambos casos, con y sin tráfico, excepto por la calidad del aire en la zona de tráfico (tablas 5 y 6, figura 10). Los encuestados dan una valoración muy positiva en la zona sin tráfico cuando se introducen los sonidos, especialmente alta en el caso de la calidad del aire. La limpieza y la estética son los aspectos menos

valorados en este caso. En general, la evaluación es 0,3 puntos por encima cuando introducimos los sonidos en el ambiente.

Características del entorno				
	Promedio sin tráfico con sonidos	Desviación estándar	Promedio sin tráfico sin sonidos	Desviación estándar
2.1.A. Limpieza	5.3	1.4	4.8	1.6
2.1.B. Calidad del aire	5.9	1.1	5.6	1.3
2.1.C. Sonidos del entorno	5.6	1.1	5.2	1.1
2.1.D. Olores	5.6	1.2	5.3	1.6
2.1.E. Estética del entorno	5.2	1.7	5.1	1.8

Tabla 5.- Evaluación de distintos aspectos de los entornos en el supuesto sin tráfico con y sin sonidos.

Affective aspects				
	Promedio con tráfico con sonidos	Desviación estándar	Promedio con tráfico sin sonidos	Desviación estándar
2.1.A. Limpieza	5.0	1.5	4.1	2.0
2.1.B. Calidad del aire	4.6	1.5	5.0	1.1
2.1.C. Sonidos del entorno	4.2	1.6	4.0	1.3
2.1.D. Olores	4.6	1.4	4.2	1.8
2.1.E. Estética del entorno	4.6	1.5	4.3	2.0

Tabla 6.- Evaluación de distintos aspectos de los entornos en el supuesto con tráfico con y sin sonidos

Estos resultados confirman que los encuestados identifican los sonidos en el entorno con tráfico y los asimilan como parte del ambiente sonoro, modificando ligeramente la percepción que tienen de otras variables de la zona, pero no modificando la impresión general de la misma.

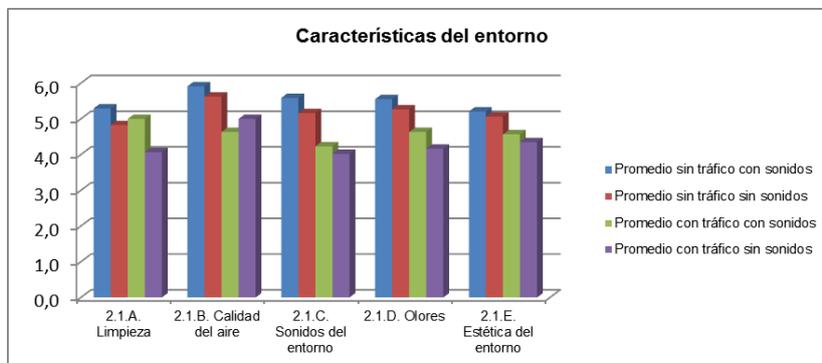


Figura 10.- Comparación aspectos afectivos

Respecto del estudio de diferencias semánticas, en el entorno sin tráfico, el paisaje sonoro se interpreta como bastante más natural, algo más interesante, agradable e inesperado, e igual de relajante. Efectivamente, los sonidos introducidos fueron recogidos en entornos con gran predominio de fuentes sonoras naturales, lo que parece ser reconocido por los encuestados.

En el entorno con tráfico, cuando los sonidos son introducidos en la zona, la interpretación es similar a cuando no están presentes. Incluso cuando los sonidos no están presentes, los encuestados evalúan el ambiente como algo más relajante y agradable.

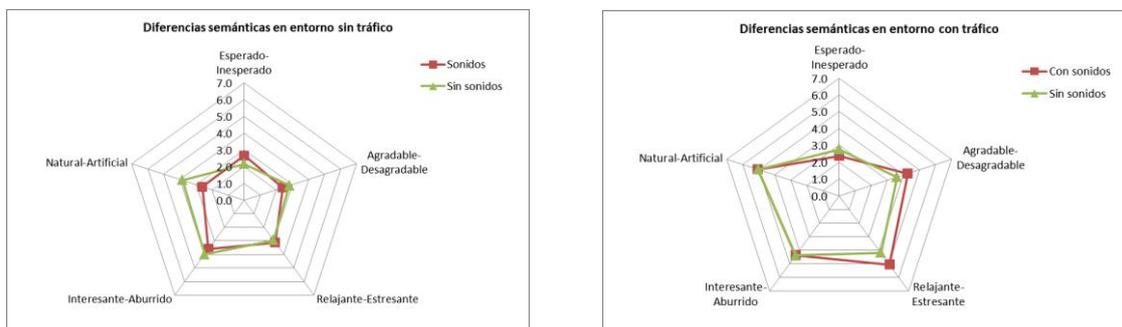


Figura 11 y 12.- Diferencias semánticas.

## CONCLUSIONES

Han sido introducidos sonidos de origen natural en diferentes ambientes de un entorno urbano, creando un nuevo paisaje sonoro y ha sido analizada la respuesta de la población a esta modificación del paisaje sonoro propio de esos entornos. Como consecuencia de este trabajo podemos considerar que:

- Parece claro que mediante un ambiente sonoro creado de manera artificial, introduciendo en un entorno urbano sonidos grabados en entornos naturales, conseguimos modificar ligeramente la percepción, los sentimientos y las sensaciones de los encuestados de manera positiva, acentuándose este cambio en las zonas sin tráfico. El predominio del ruido de vehículos en las zonas con tráfico enmascara casi totalmente los sonidos introducidos, llegando los encuestados a identificarlos, pero no modificándoles apreciablemente la percepción del ambiente sonoro.
- Los encuestados reconocen los sonidos introducidos y los interpretan como uno más del ambiente sonoro en el que se están moviendo, reconociendo nuevas marcas sonoras y

dándole prioridad a estas sobre los sonidos a los que están acostumbrados en los entornos elegidos.

- Es necesario profundizar más en este tipo de estudios, eligiendo zonas con distintas características a las elegidas en esta investigación, incluso aumentando el volumen de los sonidos introducidos para hacerlos más presentes en según qué tipo de entorno.
- Se abre la posibilidad de utilizar equipos presentes en las ciudades, que sólo se usan en determinadas épocas del año, para hacer que el ambiente sonoro de las mismas sea más agradable, sin necesidad de una gran aportación económica ni de un cambio sustancial en la configuración de los entornos.

### AGRADECIMIENTOS

- Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto TRA2015-70487-R (MINECO/FEDER, UE); Junta de Extremadura, Consejería de Economía e Infraestructura (GR15063); Fondo Europeo para el Desarrollo Regional (FEDER) y Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) a través del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) para investigadores de iniciación (Nº 11140043).



- Excelentísimo Ayuntamiento de Villanueva de la Serena (Badajoz)

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] World Health Organization (WHO). 1999. Guidelines for community noise. Geneva.
- [2] World Health Organization (WHO). 2011. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe.
- [3] Stansfeld, S. A. 2015. Noise effects on health in the context of air pollution exposure. International Journal of Environmental Research and Public Health 12 (10): 12735-60.
- [4] Barrigón Morillas, J.M., Montes González, D., Rey Gozalo, G. 2016. A review of the measurement procedure of the ISO 1996 standar. Relationship with the European Noise Directive. Science of Total Environment 565: 595-606.
- [5] Rey Gozalo, G., Barrigón Morillas, J.M., Trujillo Carmona, J., Montes González, D., Atanasio Moraga, P., Gómez Escobar, V., Vílchez Gómez, R., Méndez Sierra, J.M., Prieto Gajardo, C. 2016. Study on the relation between urban planning and noise level. Applied Acoustics 111: 143-147.
- [6] Margaritis, E., and J. Kang. 2016. Relationship between urban green spaces and other features of urban morphology with traffic noise distribution. Urban Forestry and Urban Greening 15 : 174-85.

[7] Bastián-Monarca, N. A., E. Suárez, and J. P. Arenas. 2016. Assessment of methods for simplified traffic noise mapping of small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile. *Science of the Total Environment* 550 : 439-48.

[8] Fiedler, P. E. K., and P. H. T. Zannin. 2015. Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs-noise maps and measurements. *Environmental Impact Assessment Review* 51 : 1-9.

[9] Méndez Gutiérrez del Valle, R., Echaves, C., Abad, L.D. 2015. Atlas de la crisis: impactos socioeconómicos y territorios vulnerables en España. Tirant Humanidades.

[10] Schafer R.M. *The soundscape: Our sonic environment and the tuning of the world.* 1977. Editorial Inner Traditions. Edición 1994.