



## **TESIS DOCTORAL**

DISEÑO DEL ESPACIO URBANO.  
MÉTODOS DE INGENIERÍA APLICADOS AL AMBIENTE SONORO

**PEDRO ATANASIO MORAGA**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN DESARROLLO TERRITORIAL SOSTENIBLE**

Conformidad del director/a y codirector/a en su caso

Juan Miguel Barrigón Morillas

Guillermo Rey Gozalo

Esta tesis cuenta con la autorización del director/a y codirector/a de la misma y de la Comisión Académica del programa. Dichas autorizaciones constan en el Servicio de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Extremadura.

**2022**



*“De eso se trata,  
de coincidir con gente que te haga ver cosas que tú no ves.  
Que te enseñe a mirar con otros ojos”*

Radiografía de un Origami.

Mariani Sierra Villanueva



# AGRADECIMIENTOS

A mis directores de Tesis, Juan Miguel Barrigón Morillas y Guillermo Rey Gozalo. Ellos me han prestado todo su apoyo, esfuerzo y dedicación, guiándome en esta bonita e inolvidable tarea. Gracias por los conocimientos, la motivación y la confianza depositada en mí, incluso en los momentos más duros de esta etapa investigadora.

A Javier Redondo Pastor. Siempre estás cuando te necesito. Gracias.

A Marta, por su inmenso cariño, paciencia, ayuda y motivación diarios. Gracias por entenderme y estar siempre ahí. A toda mi familia, en especial a mis padres, Pepe y Paqui, y a mis hermanos, José Antonio y Ángela. Gracias por todos los esfuerzos y sacrificios, por vuestro apoyo incondicional y por las oportunidades infinitas. Gracias mamá por no dejarnos caer nunca. A mis sobrinos, Pedro y María, por su alegría de vivir, el motor de mi vida. A María y a Arturo. ¡Os quiero a todos!

A mi abuela Catalina, que allí donde esté seguro que se siente orgullosa de mí.

A mis compañeros del Laboratorio de Acústica, los que están, los que se fueron y los que llegarán. De todos he aprendido y aprenderé algo. Gracias especiales a David Montes González por sus ánimos y su inestimable ayuda. A Manuel, por las horas compartidas en la carretera.

A todos los compañeros, amigos y conocidos que, de algún modo u otro, se alegran de que haya llegado hasta aquí.

Gracias de corazón.



# APORTE CIENTÍFICO

Este trabajo tiene un marcado carácter ambiental. La gestión sostenible y eficaz de los recursos naturales y cuidado del medioambiente está siempre presente en el mismo, generando y utilizando tecnologías para transformar características geo-demográficas que mejoren la calidad de vida de las personas. Por eso, el estudio queda englobado dentro del área de excelencia de energías limpias del RIS3, más concretamente dentro de los dominios científico-tecnológicos de la ecología y del ecodiseño. Una de las ideas principales de la Tesis es caracterizar y poner en valor la calidad acústica de los contextos elegidos, objetivo al que sólo se puede llegar respetando al máximo las características de los entornos.

Por eso, esta Tesis se encuentra enmarcado en la Gestión de Recursos Naturales del Plan Regional de Investigación, Desarrollo tecnológico e Innovación: Economía de los Recursos Naturales. Técnicas de corrección y prevención de la Contaminación Ambiental, así como la Recuperación y Regeneración de los Recursos Naturales afectados. Con este proyecto pretendemos gestionar y diseñar entornos acústicos de manera eficaz y sostenible. Además de poner en valor dichos entornos, es posible recuperar la calidad acústica en determinados lugares si aplicamos los métodos de ingeniería necesarios para dicha tarea, entrando también en la Gestión de Áreas Protegidas del PRI.

Su campo científico de desarrollo es el de la acústica (2201), más concretamente del ruido (2201.05), englobada dentro de la Física en la Unesco. En este proyecto se pretende caracterizar y diseñar el ambiente sonoro de determinados entornos, para lo que es necesario conocer las condiciones de ruido presentes en el contexto. Así, el proyecto queda dentro del Área de ingeniería y tecnología del medio ambiente, más concretamente de la ingeniería de la contaminación (3308.04), de las tecnologías de vehículos de motor (3317) y de las tecnologías de los sistemas de transporte (3327). El

tráfico es la principal fuente de ruido presente en ciudades, por lo que es estrictamente necesario evaluar cómo afecta a los usuarios en los entornos elegidos.

En esta línea, este trabajo está incluido en el capítulo 4 de los índices Nabs, relacionado con el transporte y, naturalmente, sobre sus efectos sobre el medioambiente. En consecuencia, también se encontraría relacionado con en el capítulo 2 de los índices Nabs, referido a Control y cuidado del medioambiente. Esto es, esta Tesis contempla aspectos relativos a energías limpias y ecodiseño en urbanismo, recogidos en el RIS3. Es primordial en el proyecto conocer, identificar y analizar las fuentes de contaminación acústica presentes en los entornos elegidos, incluyendo su dispersión en el medio y los efectos que produce en el hombre y en especies de flora y fauna. Por ello, en el proyecto se desarrollan instalaciones de seguimiento para la medición del ruido y la grabación de sonidos en los entornos elegidos y se diseñan estrategias y métodos para prevenirlo o, si no es posible, convertirlos en lo más agradable posible de cara al usuario.



# RESUMEN

El trabajo que aquí se presenta incide sobre el ambiente sonoro urbano y de los espacios verdes, y sobre características muy específicas de este ambiente como es el paisaje sonoro, un aspecto muy poco estudiado en España, pero al que se le ha dedicado mucho esfuerzo fuera de nuestras fronteras. En la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de Junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental se hace referencia a la importancia de conservar las zonas tranquilas tanto en aglomeraciones, donde el espacio delimitado por la autoridad competente no puede superar un determinado nivel sonoro, como en campo abierto, definido como espacio delimitado por las autoridades no perturbado por ruido del tráfico, la industria o actividades recreativas.

La mayoría de estudios de acústica ambiental se han centrado en la evaluación objetiva del ruido, el cual es considerado por la OMS como la segunda causa de contaminación ambiental, sólo por detrás de la polución del aire. El constante crecimiento del parque automovilístico se ha traducido en un incremento de los niveles sonoros, convirtiéndose en una tarea pendiente para los planificadores de espacios verdes y urbanos. Esta investigación pretende iniciar los trabajos que puedan llenar este vacío y así proveer a los encargados de la planificación urbana general y, de forma específica, de aquellas áreas tranquilas recogidas en la Directiva Europea, de las herramientas necesarias para iniciar ese camino en aspectos relativos a la gestión del ambiente acústico y a su relación con el resto de aspectos a considerar en la administración de estos espacios. Se han tenido presente aspectos objetivos, obtenidos mediante instrumentos de medición y grabación, y aspectos subjetivos, obtenidos de las experiencias particulares de cada uno de los usuarios de los contextos elegidos, ayudando de esta manera al diseño de espacios urbanos de manera eficaz y sostenible.

Para llevar a cabo este propósito, esta Tesis se ha estructurado en tres capítulos. En el primero de ellos se analizó la percepción del paisaje sonoro urbano en tres entornos con diferentes usos, una plaza peatonal con un claro carácter social, una calle peatonal comercial y una calle con tráfico rodado también comercial, de dos maneras diferentes: una con los sonidos presentes de manera normal en el entorno, y otra introduciendo sonidos, principalmente grabados en entornos naturales y rurales, con el fin de cambiar la percepción global de la gente sin cambiar sus costumbres ni modificar los niveles sonoros de los entornos. El análisis muestra una mejora en las valoraciones medias que los usuarios aportan a las diferentes características en los espacios peatonales, mejorando también la satisfacción global y la satisfacción con los sonidos de los dos espacios. Los descriptores del paisaje sonoro también se interpretan como positivos en este tipo de entornos, resultando estos más agradables, entretenidos y naturales. Sin embargo, no sucede igual en el entorno con tráfico rodado, en el que introducir sonidos, aunque sean naturales, parece aumentar los efectos provocados por el ruido y evaluar los descriptores del paisaje sonoro como negativos.

En el segundo capítulo se analizó la percepción de los descriptores del paisaje sonoro urbano que tienen los habitantes de Cáceres. Se ha llevado a cabo un estudio de diferencias semánticas, compuesto por 8 adjetivos contrapuestos que describen el paisaje sonoro, en 26 calles de la ciudad. Se han analizado las relaciones de las valoraciones otorgadas por las personas entrevistadas a las parejas de adjetivos, con el uso y el tipo de calles. El resultado muestra que la percepción tiende hacia la parte positiva de los adjetivos contrapuestos conforme aumenta el tipo de categoría, según el Método de Categorización desarrollado por el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura, y conforme el uso de las calles disminuye. En este capítulo también se han comparado las parejas de adjetivos que describen el paisaje sonoro con indicadores sonoros habituales. El análisis muestra correlación entre las parejas que indican agradabilidad con el indicador sonoro  $L_{A50}$ . Por último, se ha desarrollado un Análisis de Componentes Principales, un tipo de análisis muy recurrente en los estudios de diferencias semánticas, para determinar las dimensiones que describen el paisaje sonoro de la ciudad.

En el tercer capítulo se ha evaluado la percepción de siete espacios verdes urbanos de la ciudad de Cáceres. Así, se ha analizado cómo afectan los sonidos a la satisfacción global de este tipo de entornos. En este trabajo se ha incidido en la satisfacción al sonido y en las molestias y efectos causados por el ruido, relacionándolos con las fuentes sonoras y las actividades realizadas en este tipo de entorno. Los resultados indican que los usuarios valoran muy positivamente las características de este tipo de entornos, excepto para las variables relacionadas con la contaminación ambiental: aire y ruido. Además, la molestia de las fuentes sonoras es baja, siendo el tráfico rodado la más molesta. El uso de este tipo de espacios va a mostrar diferencias de género, e incluso diferencias notables en las valoraciones otorgadas a actividades parecidas, como son caminar o hacer ejercicio.



# SUMMARY

This work focuses in the urban noise environment and green spaces, and in very specific characteristics of this environment, the soundscape, an aspect that has been little studied in Spain, but has been the target of much effort outside our borders. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the assessment and management of environmental noise refers to the need to preserve quiet areas in urban areas, where the space defined by the authorities cannot exceed a specific noise level, and in the countryside, which is defined as a space delimited by the authorities, undisturbed by noise from traffic, industry or recreational activities.

Most environmental acoustics studies have focused on the objective evaluation of noise, considered the second reason of environmental pollution by the WHO, only after air pollution. The continuous increment of the car fleet has resulted in an increase of noise levels, becoming a challenge for green and urban space planners. This research aims to initiate the work that can fill this gap and thus provide to urban planners in general, and in a specific way, in those quiet areas included in the European Directive, the needed tools to start this way regarding aspects related to the management of the acoustic environment and its relationship with other aspects to be considered in the management of these environments. In this works has taking into account both objective aspects, obtained by measurement and recording equipment, and subjective aspects, obtained from the particular experiences of each user of the chosen contexts, contributing in this way to the design of urban and natural spaces in an efficient and sustainable way from the acoustic point of view.

In order to achieve this purpose, this Thesis has been structured in three chapters. In the first one, the perception of the urban soundscape in three environments with different uses, a pedestrian square with a clear social context, a shopping pedestrian street and a shopping street with road traffic, was analyzed in two different ways: the

first one with the sounds usually found in the environment, and the second one adding sounds, mostly recorded in natural and rural environments, in order to change the global perception of the people without changing their habits and without modifying the sound levels of the environments. The analysis shows an increase in the average ratings that users give to the different features in the pedestrian environments, improving also the overall satisfaction and satisfaction with the sounds of the two spaces. The soundscape descriptors are also perceived as positive in this type of environment, being more pleasant, entertaining and natural. However, this is not the case in the environment with road traffic, where adding sounds, even if they are natural, seems to increase the effects caused by noise and evaluate the soundscape descriptors as negative by the users.

The second chapter analyzed the perception of urban soundscape descriptors by the inhabitants of Cáceres. A study of semantic differences, composed of 8 contrasting adjectives describing the soundscape, in 26 streets of the city was carried out. The relationships between the evaluations given by the people surveyed to the pairs of adjectives and the use and type of streets have been analyzed. The result shows that the perception trends towards the positive side of the opposite adjectives as the type of category increases, according to the Categorization Method developed by the Acoustics Laboratory of the University of Extremadura, and as the use of the streets decreases. In this chapter it has also been compared the pairs of adjectives that describe the soundscape with usual sound indicators. The analysis shows correlation between the pairs that indicate pleasantness with the sound indicator  $L_{A50}$ . Finally, a Principal Component Analysis, a very recurrent type of analysis in studies of semantic differences, has been developed to determine the dimensions that describe the soundscape of the city.

In the third chapter, the perception of seven urban green spaces in the city of Cáceres was evaluated. Thus, it has been analyzed how sounds affect the overall satisfaction of this type of environments. This work has focused on satisfaction with sound and the annoyances and effects caused by noise, relating them to the sound sources and the activities carried out in this type of environment. The results indicate

that the users rate very positively the characteristics of this type of environment, except for the variables related to environmental pollution: air and noise. In addition, the annoyance of sound sources is low, with road traffic being the most annoying. The use of this type of spaces will show gender differences, and even significant differences in the ratings given to similar activities, such as walking or exercising.





# ÍNDICE

<b>Resumen .....</b>	<b>vii</b>
<b>Summary .....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>xix</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
Gestión ambiental sostenible de espacios públicos .....	1
Respuesta afectivas. Medioambiente sonoro.....	2
Marco normativo.....	4
Objetivos .....	5
Objetivo principal.....	5
Objetivo asociado.....	5
Objetivos específicos .....	5
<b>Capítulo 1.Percepción del paisaje sonoro urbano.</b>	
<b>Efectos de la introducción de sonidos en el entorno .....</b>	<b>9</b>
1.1. Introducción.....	9
1.2. Metodología.....	15
1.2.1. Lugar de estudio.....	15
1.2.2. Fases del estudio .....	17
1.2.3. Evaluación de los entornos .....	17

1.2.4. Modificación del entorno sonoro .....	22
1.3. Resultados y Discusión.....	26
1.3.1. Situación acústica de los entornos .....	27
1.3.2. Percepción del paisaje sonoro urbano.....	31
1.3.2.1. Percepción de los entornos urbanos sin modificar.....	33
1.3.2.2. Efectos de la modificación del entorno sonoro.....	38
1.4. Conclusiones.....	48
<b>Capítulo 2. Estudio de las dimensiones sonoras de un entorno urbano .....</b>	<b>53</b>
2.1. Introducción.....	53
2.2. Metodología.....	57
2.2.1. Área de estudio .....	57
2.2.2. Estudio de diferencias semánticas .....	58
2.2.3. Procedimiento de análisis .....	60
2.3. Resultados y Discusión.....	62
2.3.1. Análisis descriptivo.....	62
2.3.2. Análisis de regresión.....	65
2.3.3. Adecuación del muestreo para Análisis de Componentes Principales.....	67

2.3.4. Obtención de las dimensiones del paisaje sonoro.....	70
2.4. Conclusiones.....	75
<b>Capítulo 3. El ruido como factor de influencia en la percepción de la satisfacción de las personas en entornos verdes urbanos .....</b>	<b>79</b>
3.1. Introducción.....	79
3.2. Metodología.....	82
3.2.1. Área de estudio .....	82
3.2.2. Proceso de encuestado .....	83
3.2.3. Obtención de datos acústicos.....	86
3.2.4. Análisis estadístico .....	87
3.3. Resultados y Discusión.....	88
3.3.1. Satisfacción con los espacios verdes urbanos.....	88
3.3.2. Molestia y efectos del ruido.....	93
3.3.3. Relaciones entre las características personales y los usos del parque con los efectos del ruido y la satisfacción con el entorno .....	98
3.4. Conclusiones.....	102
<b>Conclusiones .....</b>	<b>105</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>109</b>



# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.-Situación de los entornos bajo estudio dentro de la ciudad de Villanueva de la Serena .....	15
Figura 1.2.- Entornos bajo estudio .....	16
Figura 1.3.- Encuesta de percepción del paisaje sonoro.....	20
Figura 1.4.- Encuesta de percepción del ruido .....	21
Figura 1.5.- Porcentaje de fuentes sonoras por grabación elegida.....	25
Figura 1.6.- Espectros Plaza de España con y sin sonidos introducidos .....	27
Figura 1.7.- Espectros calle Ramón y Cajal con y sin sonidos introducidos .....	28
Figura 1.8.- Espectros calle San Francisco con y sin sonidos introducidos .....	28
Figura 1.9.- Nivel equivalente ponderado A (dB) en los tres entornos con y sin sonidos introducidos.....	29
Figura 1.10.- Espectrogramas Plaza de España con la fuente de agua encendida: a) sin sonidos introducidos; b) con sonidos introducidos .....	30
Figura 1.11.- Espectrogramas Plaza de España con la fuente de agua apagada: a) sin sonidos introducidos; b) con sonidos introducidos .....	30

Figura 1.12.- Espectrogramas calle Ramón y Cajal: a) sin sonidos introducidos; b) con sonidos introducidos.....	31
Figura 1.13.- Espectrogramas calle San Francisco: a) sin sonidos introducidos; b) con sonidos introducidos .....	31
Figura 1.14.- Porcentaje de encuestados por sexo.....	32
Figura 1.15.- Valoraciones para la descripción del paisaje sonoro en los entornos sin introducir sonidos .....	37
Figura 1.16.- Valoraciones para la descripción del paisaje sonoro en los entornos con los sonidos introducidos .....	44
Figura 1.17.- Diferencia de Valoraciones para la descripción del paisaje sonoro en los entornos sin y con introducción de sonidos .....	45
Figura 2.1.- Calles seleccionadas en la ciudad de Cáceres .....	57
Figura 2.2.- Porcentaje de encuestados por sexo en Cáceres.....	62
Figura 2.3.- Distribución de las valoraciones de las encuestas por variables, agrupadas por categorías .....	64
Figura 2.4.- Gráfico de sedimentación de las componentes obtenidas.....	71
Figura 2.5.- Gráfico de componentes en espacio rotado .....	72
Figura 3.1.- Mapa de la ciudad de Cáceres con las zonas verdes elegidas.....	82

Figura 3.2.- Mapas conceptuales de los clústeres jerárquicos y relaciones entre las variables de la satisfacción, molestia del ruido y los efectos del ruido. ....90





# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.- Porcentaje de fuentes sonoras por grabación .....	24
Tabla 1.2.- Porcentaje de encuestados por edad.....	33
Tabla 1.3.- Comparativa de la percepción en los entornos sin introducir sonidos ajenos según las características urbanas, según el ruido y sus efectos, y según el paisaje sonoro. ....	34
Tabla 1.4.- Comparativa de la percepción en los entornos sin y con sonidos introducidos. ....	39
Tabla 1.5.- Relaciones entre la satisfacción al sonido y la sensación de calle ruidosa y entre la molestia del ruido y la sensación de calle ruidosa.....	41
Tabla 1.6.- Relaciones de los efectos del ruido con la satisfacción al sonido y con la molestia del ruido .....	42
Tabla 1.7.- Relaciones entre sonido y otras características de los entornos con los sonidos introducidos .....	43
Tabla 1.8.- Relaciones entre la satisfacción al sonido y la molestia del ruido con la percepción del paisaje sonoro con los sonidos introducidos .....	47
Tabla 2.1.- Lista de parejas de adjetivos iniciales .....	59
Tabla 2.2.- Lista de parejas de adjetivos finales con la escala de Likert de 9 valores .....	59

Tabla 2.3.- Valores promedios otorgados por los encuestados según la categoría de calle.....	63
Tabla 2.4.- Relaciones entre los indicadores sonoros y las parejas de adjetivos del estudio de diferencias semánticas.....	67
Tabla 2.5.- Medida de la adecuación de la muestra según KMO.....	68
Tabla 2.6.- Resultados test KMO y test de esfericidad de Bartlett para la muestra indicada .....	68
Tabla 2.7.- Coeficientes de correlación de Spearman entre variables .....	69
Tabla 2.8.- Varianza total explicada utilizando criterio de Kaiser de valores mayores que 1 .....	70
Tabla 2.9.- Matriz de componentes rotada .....	72
Tabla 2.10.- Dimensiones del paisaje sonoro de Cáceres extraídas con Análisis de Componentes Principales .....	77
Tabla 3.1.- Características sociodemográficas y usos de los espacios verdes.....	84
Tabla 3.2.- Nivel medio de satisfacción a las características de los espacios verdes urbanos, análisis de significación en las diferencias de los valores medios de satisfacción entre los años 2007-2008 y 2008 correlación bivariada entre la satisfacción global y los espacios verdes urbanos en 2014. ....	88
Tabla 3.3.- Estimación de los parámetros en la regresión logística multinomial .....	92

Tabla 3.4.- Porcentaje de predicción de la regresión logística multinomial .....	92
Tabla 3.5.- Nivel medio de molestia a las fuentes sonoras presentes en los espacios verdes urbanos y nivel medio de la frecuencia de los efectos del ruido sobre los usuarios .....	94
Tabla 3.6.- Coeficientes de correlación de Spearman entre los datos de percepción del ruido y los indicadores acústicos.....	96
Tabla 3.7.- Relación de las características sociodemográficas y de uso de los espacios verdes con las características de satisfacción de los espacios verdes urbanos, las molestias del ruido y los efectos del ruido. ....	99
Tabla 3.8.- Relaciones entre las características sociodemográficas y la frecuencia del tipo de uso de los espacios verdes .....	100
Tabla 3.9.- Coeficientes de correlación de Spearman entre los datos de uso de los espacios verdes y los indicadores acústicos en el punto de muestreo.....	102



# INTRODUCCIÓN

El progresivo aumento de la población de las ciudades, debido entre otros factores a las mayores oportunidades laborales y de desarrollo, ha motivado un cambio en la estrategia de planificación de las mismas. Se estima que en 2050 el 68% de la población mundial vivirá en zonas urbanas [1], planteando nuevos retos sociales, económicos y ambientales, que han de ser abordados de manera equilibrada por parte de la sociedad y de la comunidad científica. Las ciudades, y sus ciudadanos, se enfrentan así a grandes desafíos para reducir el riesgo ambiental y mejorar su calidad de vida.

## **Gestión ambiental sostenible de espacios públicos**

La rápida urbanización ha planteado importantes desafíos para la protección del medio ambiente en las ciudades. Cada vez más, los planes urbanísticos se orientan hacia una regeneración urbana sostenible a través de cuatro pilares básicos: económico, ambiental, social e institucional [2]. El objetivo de esta regeneración urbana sostenible es claro: renovar espacios públicos existentes sin necesidad de cambiar la morfología urbana, y que, además, tengan la capacidad de resolver problemas como la gentrificación, la contaminación atmosférica o la contaminación acústica. De esta manera se conforman entornos más agradables que reducen el impacto ambiental y mejoran la salud física y emocional de las personas.

La importancia de la planificación en la regeneración es ampliamente estudiada en la literatura científica. Algunos autores [3-5] sitúan la protección del medio ambiente urbano como un factor fundamental en la planificación urbanística, y dentro del medio ambiente urbano, los espacios verdes son considerados muy importantes para llevar a cabo una regeneración sostenible [3], seguidos de un sistema de transporte público eficiente y un diseño orientado a la

eficiencia energética. Cada vez más, los planes urbanísticos se orientan hacia este tipo de regeneración urbana, reordenando calles o aparcamientos [6], construyendo ciclovías [7], reconvirtiendo calles en zonas de juegos para niños durante ciertos periodos de tiempo que incrementen la actividad física de los mismos [8,9], promocionando la actividad en pequeños espacios públicos en las ciudades [10], incluyendo más zonas verdes [11-13] en las que es clave su distribución espacial dentro del entorno urbano [14,15] o examinando la variabilidad del ruido urbano [16,17], para contribuir a la satisfacción de la población.

### **Respuesta afectiva. Medioambiente sonoro**

En este proceso de “resiliencia urbana” basado en una estrategia de reorganización y renaturalización [18,19] de las ciudades, la participación de los habitantes es clave para comprender la situación real de las mismas, por lo que la reorientación de espacios implica necesariamente a toda la comunidad [20,21]. La percepción subjetiva de los residentes ayuda a comprender el bienestar que experimentan dentro de las ciudades relacionados con parámetros objetivos [22], como por ejemplo la densidad de población [23,24], la construcción del entorno [25], la contaminación del aire [26], las características y uso de las zonas verdes [27,28] o los niveles sonoros [27].

La contaminación acústica se ha convertido en uno de los principales objetivos para los planificadores urbanísticos. El constante crecimiento del parque automovilístico, motivado en gran parte por el aumento de población en las ciudades, se ha traducido en un incremento de los niveles sonoros que, a pesar de los esfuerzos, resulta difícil de mitigar. Se estima que en Europa al menos una de cada cinco personas está expuesta a niveles sonoros perjudiciales para la salud [29], lo que afecta de manera importante a su bienestar físico y mental. El solo hecho de intentar reducir los niveles sonoros no siempre establece una mejora en el confort acústico del entorno. Por ejemplo, cuando los valores están por encima

de 65-70 dBA, la valoración del confort acústico depende de otras características no específicamente sonoras [30] por lo que conocer las relaciones entre las variables urbanas y el ruido ambiental [17-32] parece indispensable para alcanzar los objetivos para una regeneración urbana sostenible desde el punto de vista del sonido.

Debido a la gran cantidad de afectados, la opinión que tienen los ciudadanos del medioambiente en general, y del sonoro en particular, resulta muy útil para la gestión ambiental de los espacios públicos, ayudando a comprender qué les afecta y de qué modo les afecta. En este sentido, la respuesta sensitiva y emocional de cada individuo puede resultar determinante a la hora de establecer la experiencia con el ambiente sonoro. Por ejemplo, las personas eligen los lugares en los que reunirse, hacer deporte o descansar teniendo en cuenta la percepción de las características acústicas del entorno que los rodea [33].

Ya en 1930, Rogers H. Galt se interesó por la percepción de las fuentes sonoras que tenían los residentes de la ciudad de Nueva York, determinando que el número de eventos sonoros afectaba a la percepción de la molestia por parte de las personas [34]. Más adelante, Michael Southworth [35] evaluó la identidad de los sonidos y la singularidad de los mismos entre diferentes zonas de la ciudad y con condiciones ambientales diferentes, analizando cuáles eran los que gustaban y cuáles no. En esta búsqueda de las relaciones entre el individuo y el entorno sonoro, Raymond Murray Schafer constituye a finales de los sesenta un grupo de investigación sobre el medioambiente sonoro y crea el proyecto World Soundscape Project [36] en el que nos invita a escuchar el mundo como si se tratara de una composición musical [37], 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. Uno de los componentes de este grupo de investigación, Barry Truax [38], define entonces el paisaje sonoro como “...un ambiente de sonido, con énfasis en la forma en que es percibido y entendido por el individuo...”, acentuando la subjetividad a la hora de evaluar el medio ambiente sonoro. Parece claro que el

término “paisaje sonoro” engloba tanto el conjunto de sonidos del entorno, como el resto de características, sonoras o no, que intervienen en el.

Desde entonces, muchas de las investigaciones sobre la identidad de los sonidos y sobre su singularidad evalúan in situ el ambiente sonoro mediante el uso de encuestas [39-41] teniendo en cuenta todas las características y estímulos presentes en los entornos. La mayoría de estas investigaciones coinciden en que las personas muestran una actitud positiva hacia las fuentes sonoras de origen natural y cultural, pero evaluando negativamente los sonidos mecánicos [30], lo que ha llevado a algunos autores a identificar determinados factores [42] como básicos para el desarrollo de ambientes sonoros más agradables [43].

## **Marco normativo**

El neologismo soundscape (paisaje sonoro) proviene de las palabras inglesas sound (sonido) y landscape (paisaje), basado en la idea de que el sonido es una propiedad que tienen todos los entornos y que puede cambiar de manera dinámica según el tipo de uso o la estación del año. Con el fin de unificar criterios respecto de la percepción del ambiente sonoro, la norma ISO 12913-1 establece la definición de paisaje sonoro como el entorno acústico tal y como es percibido o experimentado y/o entendido por una persona o personas, en su contexto [44]. La ISO parece establecer, en su definición, el entendimiento de las relaciones entre las características urbanas y la evaluación subjetiva de los usuarios [45] como indispensable para comprender la situación acústica en aquellos lugares en los que la sola evaluación objetiva del ruido [46-50] únicamente ayuda a reducir los niveles sonoros, no incidiendo en otras variables perceptivas.



## **Objetivos**

Esta tesis está orientada a analizar y evaluar el ambiente sonoro en entornos urbanos y en zonas verdes urbanas, y proponer mejoras en cuanto a la percepción que tienen los individuos de estos ambientes. Para ello, se han llevado a cabo medidas sonoras in situ en dos ciudades de pequeño tamaño de Extremadura y en ambos tipos de entorno, como son los de Villanueva de la Serena y Cáceres. Paralelamente se han llevado a cabo sendos procesos de encuestado en cada una de ellas, en los que se han tenido en cuenta distintas características de los entornos: sonoras, visuales, olfativas, afectivas o estéticas. Además, se propone un método con capacidad para mejorar la percepción sonora de los ciudadanos sin necesidad de cambiar la morfología de la ciudad. En este trabajo se han propuesto los siguientes objetivos:

### **Objetivo principal**

En el marco de desarrollo actual dominado por el tráfico como fuente de contaminación acústica, pretendemos la generación del conocimiento científico esencial que permita el establecimiento de planes de conservación de las condiciones acústicas de ambientes sonoros urbanos y zonas verdes, y el establecimiento de pautas para conseguir entornos acústicos aceptables.

### **Objetivo asociado**

Creación de documentos sonoros que permitan obtener un mapa sonoro de la situación actual de entornos urbanos y naturales, que pueda ser considerado como base para el diseño de los espacios elegidos.

### **Objetivos específicos**

Para la consecución de ambos objetivos generales, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Obtención de mapas de niveles sonoros y de ambientes y paisajes sonoros a lo largo del ciclo anual.

- Obtención, a partir del análisis sonoro, de información cualitativa y cuantitativa del ambiente sonoro.
- Evaluación de la percepción del ambiente sonoro de zonas verdes en entornos urbanos.
- Evaluar la importancia relativa que los usuarios de estos entornos dan a la componente acústica del paisaje.
- Utilización de los mapas de niveles sonoros y de las grabaciones de los ambientes y paisajes sonoros a lo largo del ciclo anual con fines de uso público y divulgativo.
- Sensibilización de la sociedad sobre la importancia de la contaminación acústica sobre la salud y la calidad de vida del ciudadano y sobre los aspectos perceptivos de la componente sonora de los ambientes sonoros urbanos de parques y entornos naturales.
- Modificación de paisajes sonoros urbanos para mejorar la percepción de los individuos sin necesidad de introducir cambios en las condiciones de las ciudades.

En los capítulos que componen este trabajo, se han planteado estos objetivos de la siguiente manera:

En el primer capítulo se lleva a cabo un análisis global de la situación en 3 entornos urbanos con diferentes características de Villanueva de la Serena, basado en encuestas in situ y variables objetivas urbanas y sonoras, para evaluar la percepción que tienen los usuarios de los ambientes en los que habitan. En este caso, y conociendo como interpretan el paisaje sonoro los individuos, se ha propuesto un método sencillo para mejorar la calidad sonora de la ciudad. A través de una red de altavoces colocados por las calles de la ciudad, se han introducido sonidos extraídos de grabaciones realizadas Extremadura en entornos eminentemente rurales y naturales por el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura. Posteriormente se ha realizado de nuevo el análisis de la situación global de la ciudad, comprobando si existe un cambio en la percepción de la ciudad.

En el segundo capítulo se lleva a cabo un análisis de la percepción emocional del entorno sonoro en diversas calles de barrios con usos diferentes de la ciudad de Cáceres. Este análisis está basado en un estudio de diferencias semánticas obtenido de un proceso de encuestado in situ, así como en variables urbanas y sonoras, para determinar las dimensiones del paisaje sonoro. El estudio de diferencias semánticas es un tipo de análisis recurrente en la búsqueda de la percepción emocional de los entornos, esto es, como afecta el ambiente al individuo cuando se encuentra dentro del mismo.

En el tercer capítulo se lleva a cabo un análisis de las interacciones entre las características de las zonas verdes, las características sociodemográficas de las personas que los usan y para qué lo utilizan esas personas. El proceso llevado a cabo es similar a los anteriores capítulos, realizando encuestas y mediciones sonoras en diferentes lugares de las infraestructuras verdes de la ciudad de Cáceres. Los resultados obtenidos en esta investigación indican que la satisfacción con el ruido es la que tiene mayor relación significativa con la satisfacción general en los espacios verdes urbanos.

Estos estudios fueron posibles gracias al conocimiento y a las experiencias previas del grupo de investigación del Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura, el cual lleva más de 20 años trabajando en cómo perciben los individuos los entornos que los rodean, sobre todo centrado en la parte sonora.

En último lugar, se exponen las conclusiones obtenidas del conjunto de estudios que componen esta Tesis Doctoral.



# **CAPÍTULO 1**

## **PERCEPCIÓN DEL PAISAJE SONORO URBANO. EFECTOS DE LA INTRODUCCIÓN DE SONIDOS EN EL ENTORNO**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El incremento de la población mundial y el continuo movimiento de las personas hacia las ciudades, ha provocado un aumento en los niveles sonoros [48,51] a los que están expuestas las personas. Ello ha motivado la realización de análisis sobre la repercusión de la planificación urbanística en el ruido urbano, en la percepción de los entornos y en la forma de crear espacios sonoros más confortables para los usuarios [52-55].

La población residente en áreas urbanas ha aumentado progresivamente en los últimos años [56,57] debido, entre otros factores, a una ascendente globalización que ha democratizado la movilidad de las personas [58]. La creciente urbanización, definida como la transformación de un estilo de vida rural en urbano [56], lleva asociada cambios sociales, ambientales y arquitectónicos [59-65], influyendo en la relación usuario-entorno [66-71]. El desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte para la mejora de las comunicaciones o el crecimiento de una ciudad, tienen un impacto positivo en la economía [72-75], pero también suponen un coste ambiental [76], que puede afectar directamente a la salud y el bienestar de las personas [76-81].

Es un hecho que el desarrollo de las ciudades lleva asociado un cambio en los niveles de contaminación atmosférica. Según el informe de 2019 de calidad del aire de

la Agencia Europea de Medioambiente (EEA) [82], se estima que entre el 13 y el 19% de la población urbana en las 28 ciudades más desarrolladas de Europa, está expuesta a niveles superiores de  $PM_{10}$  según el indicador de referencia de la Unión Europea, aumentando esta población hasta el rango de 42-52% basados en el indicador de referencia de la OMS [83]. Si nos fijamos en la población afectada por  $PM_{2.5}$  o por  $O_3$ , ocurre algo similar, aumentando hasta el 95-98% de la población para el caso del ozono según los indicadores de referencia de la OMS. Desde un punto de vista global, la densidad de partículas  $PM_{2.5}$  es mayor en ciudades más pobladas [84], pero parece empezar a decrecer mínimamente en lugares con una inminente urbanización [85,86], debido principalmente al crecimiento de economías verdes y circulares que hacen más eficiente el desarrollo de las mismas.

Pero la urbanización, el desarrollo de infraestructuras de transporte y el crecimiento económico también tienen efecto, generalmente negativo, sobre el ruido ambiental, debido principalmente al tráfico rodado [87]. Así, la OMS estima que cada año se pierden al menos un millón de años de vida saludable debido al ruido de tráfico en Europa [88], siendo las alteraciones del sueño y la molestia las principales causas de esa pérdida de salud.

Tradicionalmente, la cuantificación de este ruido ambiental se hace mediante mapas estratégicos [89,90] que indican la exposición de la población a los niveles sonoros. En un intento de simplificar la creación de estos mapas, algunos autores [91,92] se han planteado la posibilidad de estratificar la ciudad en cinco categorías según el flujo de tráfico y la funcionalidad de las calles. Estos autores han desarrollado un modelo de tráfico basado en ocho características de las ciudades [17] relacionadas con el uso, la estructura y la planificación urbana, que explican el 63% de la variabilidad del ruido. Otros autores [93] han simplificado los mapas de ruido creando mapas de riesgos inducidos en la salud debido al ruido de tráfico para que sean entendibles por toda la población.

La sola evaluación objetiva del ruido sirve de ayuda a las administraciones para desarrollar planes urbanísticos que reduzcan los niveles sonoros, cumpliendo así con las directrices de protección de medio ambiente y salud establecidas en la Directiva

2002/49/CE [94]. Pero para comprender la situación real de un lugar, es necesario conocer la opinión que tienen los residentes sobre el entorno que les rodea. El entendimiento de las características urbanas y la evaluación subjetiva de los usuarios puede ser clave para establecer medidas más reales y efectivas respecto del entorno sonoro [45], considerando parámetros físicos, sociales y fisiológicos en el análisis global del lugar.

Basados en la idea de que el sonido es una propiedad perpetua y dinámica de todo paisaje [95] y considerando la definición establecida por la norma ISO 12913-1 [44], el paisaje sonoro puede variar por múltiples razones; por ejemplo, según el contexto en el que nos encontremos [96,97], según la época del año en que se establezca la percepción del entorno o según el momento de día considerado [98]. Dado que en la definición se consideran aspectos subjetivos, el paisaje sonoro no es una propiedad intrínseca de un lugar y un instante temporal, sino que variará según las características de la persona considerada, según el estado de ánimo en el que la persona o personas se encuentren, según su edad, etc. [99]. Y, además, puede estar influenciada por otros elementos, no específicamente sonoros, propios del entorno; como por ejemplo la luminosidad, los olores, la temperatura, etc. [100-102]. En este sentido, uno de los investigadores más conocidos del paisaje sonoro, R.M. Schafer, declaró en la conferencia de apertura del Primer Encuentro Nacional de Ecología Acústica, desarrollado en Argentina en 1994:

*“[...] en el futuro, el ambiente deberá diseñarse con una gran sensibilidad, balanceando los sonidos naturales, tecnológicos y humanos, teniendo en cuenta en qué medida los sonidos afectan nuestra conducta y temperamento. El diseño deberá conciliar la estética y la ética” [103]*

Por tanto, parece claro que existen distintas formas de entender el concepto de paisaje sonoro. En la definición que nos proporciona la ISO 12913 [44] sólo se tiene en cuenta el conjunto de sonidos para realizar la evaluación subjetiva del entorno. Pero en la valoración del ambiente acústico es necesario tener en cuenta otro tipo de elementos no sonoros que afectan a la evaluación subjetiva por parte de los encuestados. Además, muchos de los estudios se han llevado a cabo en laboratorios en

condiciones controladas simulando el entorno acústico real, en los que expertos en la materia validan los resultados al respecto. Para nosotros, la expresión paisaje sonoro engloba tanto el conjunto de sonidos del entorno como el resto de características presentes en los lugares en los que se encuentran los individuos.

Un paisaje sonoro tan dinámico y tan específico de la persona y del momento considerado, puede ser fácilmente modificado a nuestro antojo mediante la introducción de sonidos ajenos de manera artificial. Pocas son las investigaciones que se han llevado a cabo al respecto. En el proyecto “The Positive Soundscape Project” [104], se plantea la posibilidad de intercalar, de forma discreta, sonidos ajenos a un entorno urbano mediante la instalación de unas “casas de pájaros” con altavoces en su interior en la ciudad de Manchester. Otra investigación de este tipo ha sido llevada a cabo por Gaetano Licitra et al. [105] en diversas ciudades europeas. Mediante la instalación de un sistema de audio inteligente, analizan los ruidos ambientales e intentan enmascararlos, tanto de manera espectral y espacial como cognitiva/cultural, reproduciendo composiciones sonoras, cuidadosamente elaboradas, en los entornos a través de unos altavoces diseñados para ser agradables desde el punto de vista estético del lugar, denominándolo “Jardín Sónico” (Sonic Garden). El objetivo principal de estos jardines es remodelar y restaurar el paisaje sonoro de los contextos elegidos, concluyendo que las señales sonoras más atractivas pueden relegar a las menos interesantes al ruido de fondo. En la misma línea trabaja Björn Hellström desde el año 2008 en Suecia [10-108], combinando diseño acústico urbano con arte sonoro en tiempo real, evaluando la percepción que tienen los usuarios de algunos parques y plazas de la ciudad de Estocolmo cuando se introducen sonidos a través de una instalación sonora. Gunnar Cerwén [109] introduce unas pantallas sonoras cubiertas por hiedra en una plaza de Alnarp, en Suecia, con la intención de cambiar el paisaje sonoro en dos sentidos: apantallando el ruido y añadiendo sonidos grabados en bosques a través de unos altavoces con la idea de producir un lugar más agradable mientras al mismo tiempo enmascara el ruido del tráfico no filtrado por la pantalla. De las 198 personas encuestadas, 101 estuvieron expuestas a los sonidos introducidos en el entorno. Los encuestados valoraban aspectos objetivos y subjetivos del entorno,



concluyendo en una mejora significativa de la percepción del ambiente sonoro cuando los sonidos estaban presentes, incluso con un aumento promedio de 1,5-2 dBA de los niveles sonoros.

En lo que respecta a la calidad del entorno con sonidos ajenos, Steele et al [110] emplean una instalación sonora, controlada por los usuarios, en el parque Portugal de Montreal. Recurriendo a sus propios dispositivos, los usuarios del parque pueden reproducir sus propios contenidos a través de la instalación sonora. Mediante el uso de tres cuestionarios que incluían 7 de las 8 escalas presentes en el SSQP (The Swedish Soundscape-Quality Protocol) [111] los usuarios asignaron mayor valoración percibida a las características agradable, agitado y vibrante, no afectando a las valoraciones de tranquilidad, adecuación y recuperación.

En cuanto a la evaluación de los tipos de sonidos introducidos, Van Renterghem et al [112] analiza, mediante una aplicación móvil, la preferencia que tienen los usuarios del “Koning Albertpark” de Ghent (Bélgica) por una combinación de 8 tipos de sonidos naturales, entre los que se encuentran insectos, pájaros, agua y meteorológicos, destacando los sonidos de los pájaros cantores como los preferidos, los cuales destacan por encima del ruido de fondo en el rango de 2.5kHz a 8kHz. Joo Young Hong [113] realiza un experimento in situ con individuos, proyectando sonidos naturales como el canto de un pájaro o un arroyo junto con hologramas de donde se producen esos sonidos, en un entorno ruidoso. Este trabajo concluye que los sonidos introducidos reducen significativamente la intensidad percibida de tráfico y que mejoran la calidad del paisaje sonoro. Además, encuentra una fuerte correlación negativa entre el sonido natural y los niveles de ruido de tráfico, siendo los sonidos naturales de pájaros preferidos por encima del agua.

Muchas de las investigaciones sobre paisaje sonoro coinciden en la actitud positiva que muestran los individuos cuando las fuentes sonoras son de origen natural o cultural. Así lo analiza Davies W.J. [114] en el proyecto “The Positive Soundscape Project”, en el que establece cuatro factores que influyen en la evaluación subjetiva del entorno sonoro: Comportamiento, atención, información y diferencias entre individuos. Para Davies, los paisajes sonoros positivos incluyen sonidos naturales,

como el agua o el canto de los pájaros, y culturales, como las campanas de las iglesias, que crean relajación y estados emocionales positivos, y que además, pueden tener una componente humana que crea vitalidad en el entorno. Por el contrario, los sonidos mecánicos, como los vehículos o los derivados de la construcción, suelen evaluarse de manera negativa [30].

Lo óptimo es que cada ciudad tenga su propia identidad sonora que la distinga del resto, y que además, sea identificable y confortable para los individuos que la usan. Un tipo de identidad sonora en una ciudad viene dado por la instalación, en entornos públicos y en determinados contextos y épocas del año, de equipos electroacústicos que, con distintos tipos de música, pretenden desarrollar espacios más atractivos para el consumidor.

Debido a que vivimos principalmente en un entorno urbano, nos relajamos cuando nos encontramos dentro de un entorno natural. Así, siguiendo la filosofía de R.M. Schafer de crear un ambiente sonoro balanceado donde se concilien ética y estética, vamos a introducir en un contexto urbano, sonidos no antropogénicos registrados en entornos naturales y rurales, llevando de forma “artificial” un tipo de entorno, que solemos utilizar para relajarnos o realizar actividades físicas, hasta el lugar en el que desarrollamos la mayor parte de nuestra vida.

Para ello, es condición indispensable conocer las características y evaluaciones de los entornos antes y después de introducir los sonidos. Así, se han realizado mediciones de niveles sonoros y encuestas, en varios entornos bien diferenciados de una ciudad en 2 fases: Primero, sin introducir sonidos para conocer la situación inicial de los ambientes elegidos; Posteriormente, haciendo uso de las instalaciones electroacústicas de las ciudades, se han introducido, en un contexto urbano, sonidos de origen no antropogénico registrados en entornos naturales y rurales, proponiendo dos actuaciones originales: Por un lado, plantear medidas desde el punto de vista del paisaje sonoro. Por otro, actuar en la mejora de la percepción de espacios públicos, consiguiendo un entorno acústico aceptable, que ayude a crear una ciudad más confortable, más dinámica, más viva.

## 1.2. METODOLOGÍA

### 1.2.1. Lugar de estudio

En este trabajo se ha llevado a cabo un estudio de percepción del entorno en una ciudad de pequeño tamaño de España. Geográficamente, en la Figura 1.1 se ubica Villanueva de la Serena al suroeste de España, en la Comunidad Autónoma de Extremadura, cercana a las provincias de Córdoba y Ciudad Real. Es una ciudad fundada en el siglo XIII que, actualmente, cuenta con una población cercana a los treinta mil habitantes, situándose como el séptimo municipio más poblado de la Comunidad. Actualmente, Villanueva de la Serena se encuentra en proceso de unificación con la cercana ciudad de Don Benito, lo que la convertiría en el tercer municipio más poblado de Extremadura, conformando así un núcleo de población de más de 65000 habitantes. Ambas ciudades conforman el eje industrial y comercial de las comarcas de La Serena y Vegas Altas, con una actividad económica basada principalmente en la agricultura.

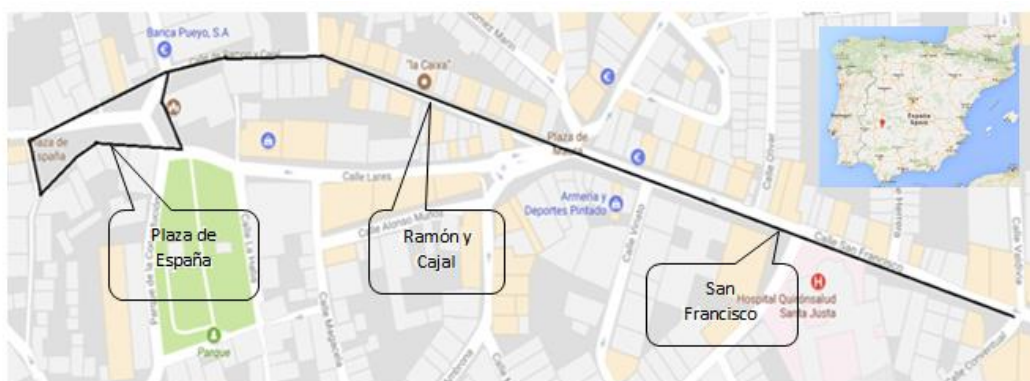


Figura 1.1.- Situación de los entornos bajo estudio dentro de la ciudad de Villanueva de la Serena

Para ello, se ha desarrollado una encuesta con distintos ámbitos de actuación: Percepción del entorno, ruido y paisaje sonoro urbano. Se han realizado un total de 206 encuestas en tres contextos urbanos, Figura 1.1, que comparten la naturaleza social y comercial, pero con diferentes usos y características:

- 1) Plaza de España: Es una plaza peatonal con un claro carácter social que sirve de punto de encuentro para la población por las actividades hosteleras,

administrativas, de recreo y culturales que se realizan en la misma, con una fuente de agua en el centro que introduce un sonido natural, determinado por algunos autores [115,116] como el mejor sonido para mejorar el paisaje sonoro en entornos urbanos. Las marcas sonoras identificadas en este entorno son: fuente de agua, niños jugando y gente (Figura 1.2.a)

2) Calle Ramón y Cajal: Es una calle peatonal con un claro carácter comercial, además de zona de paso de ciudadanos entre los entornos 1 y 3. La marca sonora identificada en este entorno es la gente. (Figura 1.2.b)

3) Calle San Francisco: Es una calle con tráfico rodado y aceras para peatones. Se considera la arteria central de la ciudad, comenzando y finalizando en dos nodos de tráfico. Junto con la calle Ramón y Cajal, concentra la mayor parte del comercio tradicional de la ciudad, conformándose así como un entorno comercial con tráfico rodado. Las marcas sonoras identificadas en este entorno son la gente y el tráfico. (Figura 1.2.c)



a)



b)



c)

Figura 1.2.- Entornos bajo estudio: a) Plaza de España; b) Calle Ramón y Cajal; c) Calle San Francisco

### **1.2.2. Fases del estudio**

El estudio se llevó a cabo en dos fases: una primera fase con la evaluación del entorno original, esto es, sin introducir sonidos, y una segunda fase con la evaluación del entorno introduciendo sonidos. En ambas fases se registraron los niveles sonoros de cada uno de los lugares elegidos mediante un sonómetro de clase 1, calibrado antes y después de cada medición siguiendo las indicaciones de la ISO 1996-1 [117]. Además, se realizó un monitoreo continuo durante la realización de las encuestas para tener registros de larga duración de los niveles sonoros. Paralelamente, se realizaron distintas grabaciones de audio mediante un sistema binaural calibrado, así como encuestas a los usuarios.

El horario de reproducción elegido es de 10:00 a 14:30 y de 18:00 a 22:00. Debido a las condiciones climatológicas de Extremadura durante el verano, las calles de la ciudad se encuentran prácticamente vacías en horario de mediodía, empezando a tener actividad a partir de las seis de la tarde. De esta manera también se respetó el descanso de los vecinos.

El entorno sonoro se evaluó desde el punto de vista de ruido y sus efectos, considerado cada vez más como el tratamiento desde una mirada negativa; y también desde el punto de vista del paisaje sonoro, considerado cada vez más como el tratamiento desde una mirada positiva del entorno sonoro. Ya hemos visto en este trabajo que la tendencia actual no es eliminar los sonidos molestos del entorno sonoro, sino mejorar la percepción de los mismos, siempre teniendo en cuenta todos los factores que pueden influir en esa percepción.

### **1.2.3. Evaluación de los entornos**

Para evaluar los entornos elegidos se desarrolló un cuestionario con dos fases diferenciadas: una primera fase centrada en la percepción de los sonidos y otra en la percepción del ruido. Se cuidó mucho la confección de las mismas, evitando en la medida de lo posible condicionar las respuestas de los encuestados mediante términos

asociados desde la memoria que pudieran cambiar la evaluación del entorno sonoro [100], además de tener siempre presentes los objetivos que se pretendían evaluar y el papel que juega el contexto en dicha evaluación [99]. Se eligió una escala de Likert de 7 puntos. Diversos estudios concluyen que el ser humano encuentra dificultades a la hora de diferenciar efectos en una escala superior a 7 puntos, planteándose como un problema a la hora de especificar los significados previstos de los puntos con palabras [118,119], y tendiendo a puntuar algo más bajo cuando son superiores a ésta [120]. Parece pues más idóneo elegir una escala más corta en la que los encuestados sean capaces de diferenciar mejor los valores y realizar así una evaluación más efectiva de lo que se propone en el estudio.

La encuesta (Figuras 1.3 y 1.4) se dividió en cuatro bloques:

Un primer bloque de percepción del entorno llamado “aspectos afectivos”, en el que se preguntaba por el nivel de satisfacción para diferentes características de los entornos. Los encuestados establecían aquí su percepción de limpieza, calidad del aire, sonidos y estética dentro del contexto en el que se encontraban.

Un segundo bloque de percepción del ruido, en el que se evaluaban efectos como la distracción sobre la conversación, los pensamientos y la atención visual; la sensación de irritabilidad, sobresalto o molestia; las creencias sobre el ruido: si afecta a la salud, si es un problema de contaminación, si es un asunto complejo de resolver o si es un tema importante para las autoridades; la percepción del ruido y molestia: si es una ciudad ruidosa, si la calle en la que se encuentran los encuestados es ruidosa y si les molestaba el ruido en el momento de realizar la encuesta.

Un tercer bloque de percepción del paisaje sonoro, en el que se llevó a cabo un estudio de diferencias semánticas en el que se eligieron 11 parejas de adjetivos que abarcan diferentes cualidades del sonido: Esperado-Inesperado; Seco-Reverberante; Agradable-Desagradable; Estable-Variable; Nítido-Confuso; Relajante-Estresante; Cálido- Frío; Interesante-Aburrido; Calmado-Agitado; Natural-Artificial; Rugoso-Suave, haciendo referencia a aspectos clásicos del sonido, como son la temporalidad,

la predicción o la espacialidad, y a aspectos psicoacústicos, como el agrado o la tranquilidad.

Un cuarto bloque con información sociológica de los encuestados: Nivel de estudios, sexo, edad y ciudad de procedencia.

**Evaluación de la percepción del paisaje sonoro en las calles**

**Presentación:** "Estamos realizando un trabajo de investigación desde la Universidad de Extremadura sobre percepción del ambiente sonoro en la ciudad. ¿Le gustaría colaborar respondiendo una encuesta que dura aproximadamente 5 minutos? Sus respuestas serán tratadas confidencialmente."

**Instrucciones:** Después de cada pregunta le mencionaré las opciones de respuesta o, si es el caso, le mostraré esta regla graduada numéricamente de 0 a 7 y verbalmente de nada a muchísimo para que usted dé una calificación.

0      1      2      3      4      5      6      7  
Nada      Poco      Regular      Bastante      Muchísimo

**SECCIÓN 1. Percepción del paisaje sonoro**

**1. Percepción del paisaje sonoro urbano.**

**A. Impresión general.** ¿En este momento, qué número, del 0 al 7, representa mejor su preferencia por el paisaje sonoro que percibe en esta calle/plaza? (0: muy mala y 7: muy buena).

Muy mala							Muy buena	
0	1	2	3	4	5	6	7	

**B. Confort acústico.** ¿En este momento, qué número, del 0 al 7, representa mejor su sentimiento de confort acústico en esta calle/plaza? (0: muy malo y 7: muy bueno).

Muy mala							Muy buena	
0	1	2	3	4	5	6	7	

**SECCIÓN 2. Aspectos afectivos**

1		Calificación
	Califique del 0 al 7, en qué medida se siente satisfecho con las siguientes características de esta calle/plaza... <i>Mostrar escala</i>	1.1. La limpieza
		1.2. La calidad del aire
		1.3. Los sonidos del entorno
		1.4. Los olores
		1.5. La estética del entorno
		0 1 2 3 4 5 6 7

**2. Diferencias semánticas.** ¿Hasta qué punto está de acuerdo con la descripción de paisaje sonoro de las ocho parejas de adjetivos contrapuestos de la siguiente tabla?

		Mucho (1)	Bastante (2)	Un poco (3)	Ninguno (4)	Un poco (5)	Bastante (6)	Mucho (7)	
2.2.A	Esperado								Inesperado
2.2.B	Seco								Reverberante
2.2.C	Agradable								Desagradable
2.2.D	Estable								Variable
2.2.E	Nítido								Confuso
2.2.F	Relajante								Estresante
2.2.G	Cálido								Frio
2.2.H	Interesante								Aburrido
2.2.I	Calmado								Agitado
2.2.J	Natural								Artificial
2.2.K	Rugoso								Suave

**3** Califique del 0 al 7, ¿cuánto le molesta el ruido en este momento?

<i>Mostrar escala</i>	Calificación
	0 1 2 3 4 5 6 7

**SECCIÓN 3. Información objetiva del ruido**  
Indique las fuentes de sonido que percibe en el espacio que le rodea:  L<sub>eq</sub>MIN

**SECCIÓN 4. Información sociológica**

**7** ¿Cuál es su nivel de estudios terminados?

Sin estudios <input type="checkbox"/> (1)	Primaria <input type="checkbox"/> (2)	Secundaria <input type="checkbox"/> (3)	Bachiller Sup. O Form. Prof. II <input type="checkbox"/> (4)	Universidad <input type="checkbox"/> (5)
---	---------------------------------------	---	--	--

**8** Sexo H  (1) M  (2)      **9** Ciudad de procedencia \_\_\_\_\_      **10** Edad: \_\_\_\_\_ años

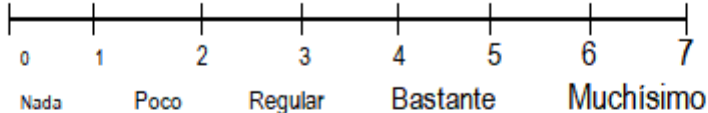
Figura 1.3.- Encuesta de percepción del paisaje sonoro



**Evaluación de la percepción del ruido en las calles**

**Presentación:** "Estamos realizando un trabajo de investigación desde la Universidad de Extremadura sobre percepción del ambiente sonoro en la ciudad. ¿Le gustaría colaborar respondiendo una encuesta que dura aproximadamente 5 minutos? Sus respuestas serán tratadas confidencialmente."

**Instrucciones:** Después de cada pregunta le mencionaré las opciones de respuesta o, si es el caso, le mostraré esta regla graduada numéricamente de 0 a 7 y verbalmente de nada a muchísimo para que usted de una calificación.



**SECCIÓN 1. Aspectos afectivos**

<b>1</b>		Calificación
	Califique del 0 al 7, en qué medida se siente satisfecho con las siguientes características de esta calle/plaza... <i>Mostrar escala</i>	1.1. La limpieza <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		1.2. La calidad del aire <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		1.3. Los sonidos del entorno <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		1.4. Los olores <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		1.5. La estética del entorno <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		1.6. El ruido <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>

**SECCIÓN 2. Efectos provocados por el ruido**

<b>2</b>		Calificación
	Califique del 0 al 7, la distracción o perturbación que causa el ruido de esta calle/plaza sobre... <i>Mostrar escala</i>	2.1. Su conversación <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		2.2. Sus pensamientos <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		2.3. Su atención visual <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>

<b>3</b>		Calificación
	Califique del 0 al 7, en qué medida, el ruido que hay en esta calle/plaza le provoca... <i>Mostrar escala</i>	3.1. Irritabilidad <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		3.2. Sobresalto <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		3.3. Molestia en los oídos <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>

**SECCIÓN 3. Creencias relacionadas con el ruido**

<b>4</b>		Calificación
	Califique del 0 al 7, en qué medida cree que el ruido que hay en las calles... <i>Mostrar escala</i>	4.1. Afecta la salud <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		4.2. Es un problema de contaminación <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		4.3. Es un asunto complejo de resolver <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		4.4. Es un tema importante para las autoridades <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>

**SECCIÓN 4. Percepción del ruido y de la molestia**

<b>5</b>		Calificación
	Califique del 0 al 7, lo ruidoso que es el ambiente en... <i>Mostrar escala</i>	5.1. La ciudad <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>
		5.2. Esta calle/plaza <span style="float: right;">0 1 2 3 4 5 6 7</span>

<b>6</b>		
	Califique del 0 al 7, ¿cuánto le molesta el ruido en este momento?	
	<i>Mostrar escala</i>	Calificación 0 1 2 3 4 5 6 7

**SECCIÓN 5. Información objetiva del ruido**

Indique las fuentes de sonido que percibe en el espacio que le rodea: 17 LeqMIN: \_\_\_\_\_

**SECCIÓN 6. Información sociológica**

<b>7</b>	¿Cuál es su nivel de estudios terminados?				
	Sin estudios <input type="checkbox"/> (1)	Primaria <input type="checkbox"/> (2)	Secundaria <input type="checkbox"/> (3)	Bachiller Sup. O Form. Prof. II <input type="checkbox"/> (4)	Universidad <input type="checkbox"/> (5)

<b>8</b>	Sexo H <input type="checkbox"/> (1) M <input type="checkbox"/> (2)	<b>9</b>	Ciudad de procedencia _____	<b>10</b>	Edad: _____ años
----------	--	----------	-----------------------------	-----------	------------------

**Datos para el control y ubicación**

Día / Mes / Año / Formato de 24 hrs. Folio: \_\_\_\_\_

Figura 1.4- Encuesta de percepción del ruido

#### **1.2.4. Modificación del entorno sonoro**

Los sonidos se introdujeron mediante un sistema de altavoces de exterior de baja impedancia y un amplificador de dos canales que tiene instalado el Ayuntamiento de Villanueva de la Serena por las principales calles y plazas de la ciudad. Este sistema de altavoces se suele utilizar, de forma puntual en fechas señaladas, con el fin de incentivar el comercio en la zona. Para controlar fácilmente el nivel en los diferentes contextos se utilizó una mesa de mezclas con 4 canales.

La elección de los sonidos introducidos en los entornos se llevó a cabo en varias fases. En primer lugar, se seleccionaron distintas grabaciones de paisaje sonoro registradas en diversos entornos naturales y rurales de la Comunidad Autónoma de Extremadura por el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura. Se realizó una exhaustiva escucha de todas las grabaciones y se eligieron aquellas en las que los sonidos eran los más representativos de un entorno natural o cultural (Tabla 1.1). Finalmente, y debido a la dificultad para normalizar algunas sin introducir ruido en ellas o al tipo de sonido, por ejemplo, la estridencia de las chicharras, se seleccionaron 19 de las 33 grabaciones (Figura 1.5), siendo estas muy representativas de los entornos naturales y rurales en los que se registraron las grabaciones. Así, en las 19 grabaciones pensadas para reproducir en la ciudad, se escuchaba el crotozar de las cigüeñas, el jolgorio de los pájaros al amanecer, el canto del colirrojo, el bramido de los ciervos durante la berrea, gallos, sapos, lluvias, grillos o campanas.

PERCEPCIÓN DEL PAISAJE SONORO URBANO.  
EFECTOS DE LA INTRODUCCIÓN DE SONIDOS EN EL ENTORNO

	Grabación														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cigüeña	100,00%	4,11%	4,17%	10,31%	5,65%	4,31%	0,79%	100,00%							
Murciélago	80,00%	11,51%	2,50%	2,58%					9,93%						
Aves		100,00%		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%		100,00%		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	37,74%
Perros		1,64%	3,33%						6,62%	100,00%	4,75%				
Cancilla		4,93%													
Campana		0,49%		4,81%			7,12%								
Coches		19,74%	5,00%	4,30%						28,57%	100,00%				
Música (graves)		1,64%													
Colirrojo Tizón		50,66%	96,67%												
Autillo			1,67%							57,14%					
Gallos			1,67%	1,72%	1,61%										
Puerta				0,86%											
Palomos				1,72%	6,45%	56,90%	75,95%								
Canario					19,35%	20,69%	11,87%								
Grillos									100,00%	100,00%					
Insectos									6,62%						
Agua									100,00%						100,00%
Maquinaria agrícola											28,80%		52,86%	21,28%	
Avión											12,66%				
Petirrojo											56,96%				
Vacas												4,36%	4,96%		
Aire														100,00%	100,00%
Berrea															
Lluvia															
Tormenta															
Chicharras															
Sapos/ranas															
Graznido															
Cencerro															

DISEÑO DEL ESPACIO SONORO URBANO.  
MÉTODOS DE INGENIERÍA APLICADOS AL AMBIENTE SONORO

	Grabación																		
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
<b>Cigüeña</b>																			
<b>Murciélago</b>																			
<b>Aves</b>		100,00%	100,00%			100,00%	100,00%		100,00%		59,60%	100,00%	100,00%	100,00%		100,00%	100,00%		
<b>Perros</b>		7,16%																	
<b>Cancilla</b>																			
<b>Campana</b>																			
<b>Coches</b>																			
<b>Música (graves)</b>																			
<b>Colirrojo Tizón</b>																			
<b>Autillo</b>																			
<b>Gallos</b>		1,34%																	
<b>Puerta</b>																			
<b>Palomos</b>																			
<b>Canario</b>																			
<b>Grillos</b>	100,00%	1,79%								100,00%					100,00%				
<b>Insectos</b>		1,79%	1,03%																
<b>Agua</b>		0,89%									100,00%	100,00%	100,00%					100,00%	
<b>Maquinaria agrícola</b>		37,57%																	
<b>Avión</b>		4,03%																	
<b>Pájaro que chista</b>																			
<b>Vacas</b>																		100,00%	
<b>Aire</b>	100,00%		100,00%		30,42%					100,00%	100,00%								
<b>Berrea</b>	4,69%	5,37%	3,45%			22,39%	18,52%	16,39%											
<b>Lluvia</b>				100,00%	100,00%				100,00%	100,00%									100,00%
<b>Tormenta</b>								100,00%											
<b>Chicharras</b>											100,00%								
<b>Sapos/ranas</b>												100,00%							
<b>Graznido</b>													100,00%						
<b>Cencerro</b>																		72,97%	

Tabla 1.1- Porcentaje de fuentes sonoras por grabación

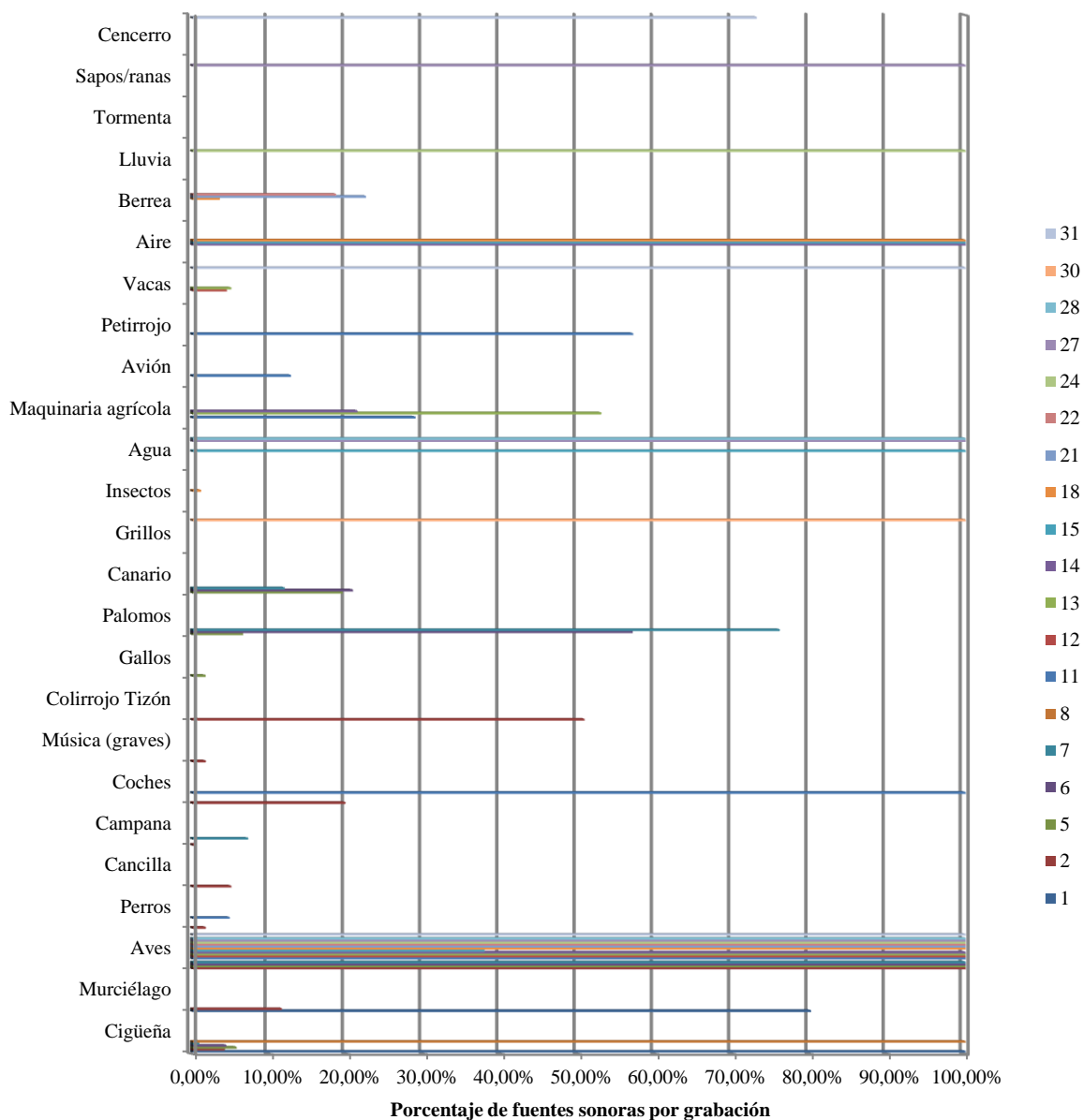


Figura 1.5- Porcentaje de fuentes sonoras por grabación elegida

El mayor porcentaje en las grabaciones es para el sonido de las aves, seguido de los sonidos del agua y del aire. En los sonidos reproducidos se introdujeron algunos de tipo cultural, como las campanas, o incluso algunos de origen no antropogénico, como vehículos o maquinaria agrícola, aunque estos últimos se escuchaban siempre de fondo en las grabaciones.

Todas las grabaciones que se iban a reproducir en la ciudad, fueron tratadas con un software libre de edición de audio, con la finalidad de disponer de unos sonidos lo más limpios posibles cuando se introdujeran en los entornos. De esta manera, evitamos la reproducción de sonidos indeseados asociados al ruido de fondo de las grabaciones en las que los niveles sonoros son más bajos, o también debido a las conexiones de los cables en el equipo de grabación. Asimismo, mediante este software también se normalizaron las grabaciones para que al reproducirlas estuvieran todas al mismo nivel.

Para que la experiencia fuera más completa, los sonidos también se reprodujeron en las calles cercanas a los entornos estudiados. De esta manera, cuando el usuario respondía al cuestionario ya llevaba un tiempo escuchando un paisaje sonoro distinto al habitual de los entornos, con nuevos sonidos perfectamente integrados en el ambiente, creando un nuevo paisaje sonoro.

Los resultados de los análisis descriptivos fueron cotejados mediante análisis no paramétrico de correlación de Spearman entre dos variables. Este análisis nos va a permitir examinar la intensidad de las relaciones entre los tres entornos evaluados en este trabajo, además de entre la variable satisfacción al sonido y cada una del resto de características evaluadas, así como entre la variable molestia del ruido y cada una del resto de características evaluadas. Las correlaciones positivas indican que cuando aumenta una variable, aumenta la otra y viceversa. Las correlaciones negativas indican que cuando aumenta una variable, disminuye la otra y viceversa.

### **1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se muestran los resultados obtenidos de aplicar la metodología descrita en el apartado anterior. En este apartado se van a presentar los resultados que creemos importantes para conseguir los objetivos descritos en el capítulo actual.

### 1.3.1. Situación acústica de los entornos

En primer lugar, como resultado del monitoreo continuo, en las Figuras 1.6, 1.7 y 1.8 se muestran los espectros de larga duración, realizados como el promedio de niveles en tercios de octava de las horas en las que se reproducían sonidos, registrados en los entornos elegidos.. Como se muestra en las figuras, los espectros con y sin introducción de sonidos son similares en todos los casos. Esto quiere decir que, globalmente, ninguno de los sonidos que se introdujeron sobresalía, en nivel sonoro, del resto de los que normalmente están presentes en los lugares elegidos, consiguiendo no alterar los niveles sonoros ni trastornar la experiencia de los ciudadanos que hacen uso de estos entornos. Los aumentos en nivel sonoro que se observan en determinadas frecuencias son debidos, principalmente, a eventos sonoros puntuales que se produjeron durante la realización del estudio.

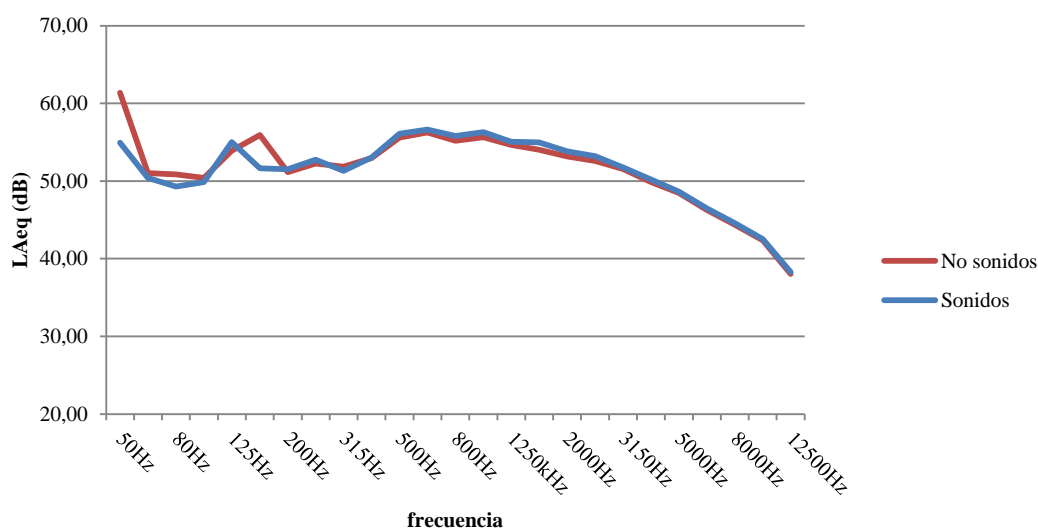


Figura 1.6- Espectros Plaza de España con y sin sonidos introducidos

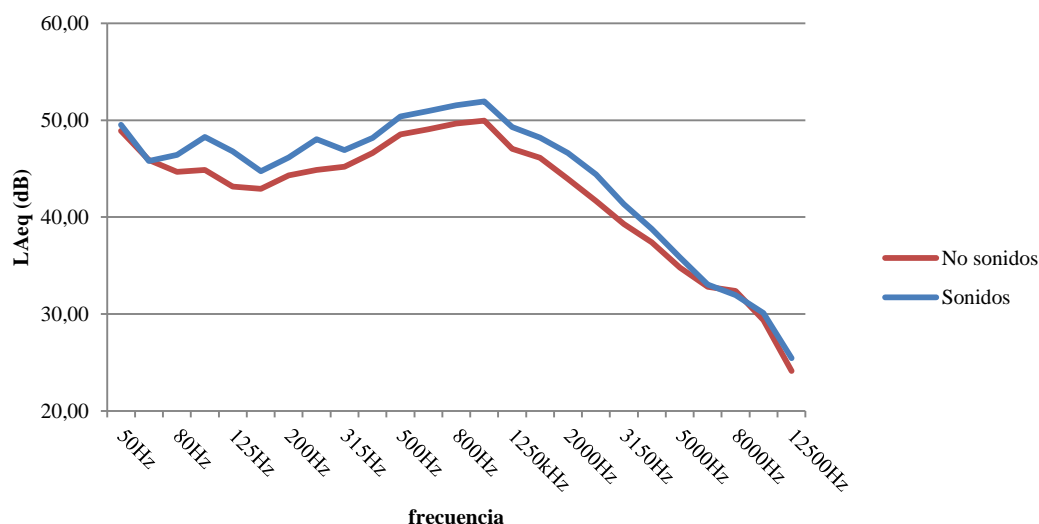


Figura 1.7- Espectros Ramón y Cajal con y sin sonidos introducidos

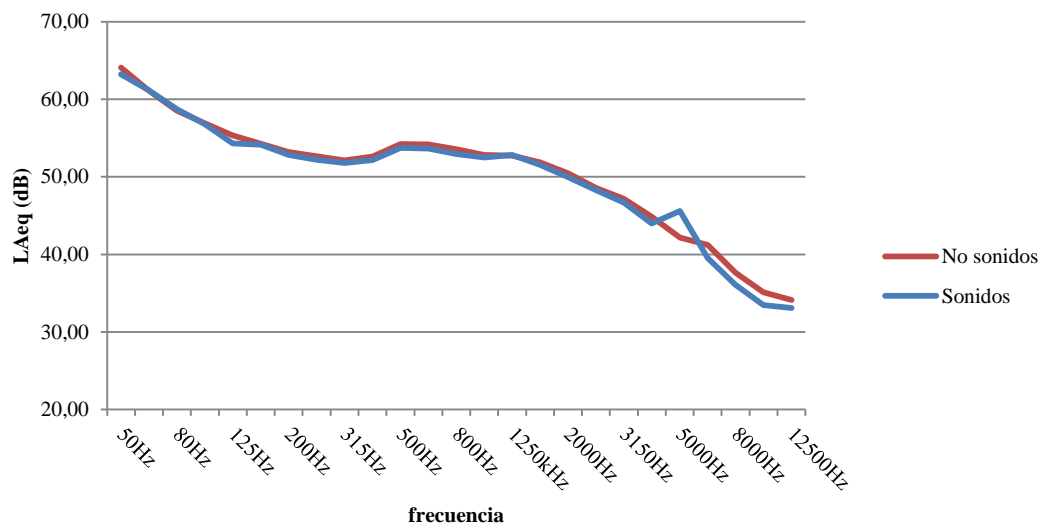


Figura 1.8- Espectros San Francisco con y sin sonidos introducidos

Para que la experiencia de los individuos fuera lo más parecida a la que habitualmente suelen tener en estos lugares, en este trabajo era condición indispensable que los niveles sonoros fueran similares cuando los sonidos eran introducidos en los entornos y cuando no. Así, se procuró en todo momento que los niveles equivalentes promedios,  $L_{Aeq}$  (dB), no superaran 3 dB de diferencia en ninguno de los tres entornos analizados (Figura 1.9)



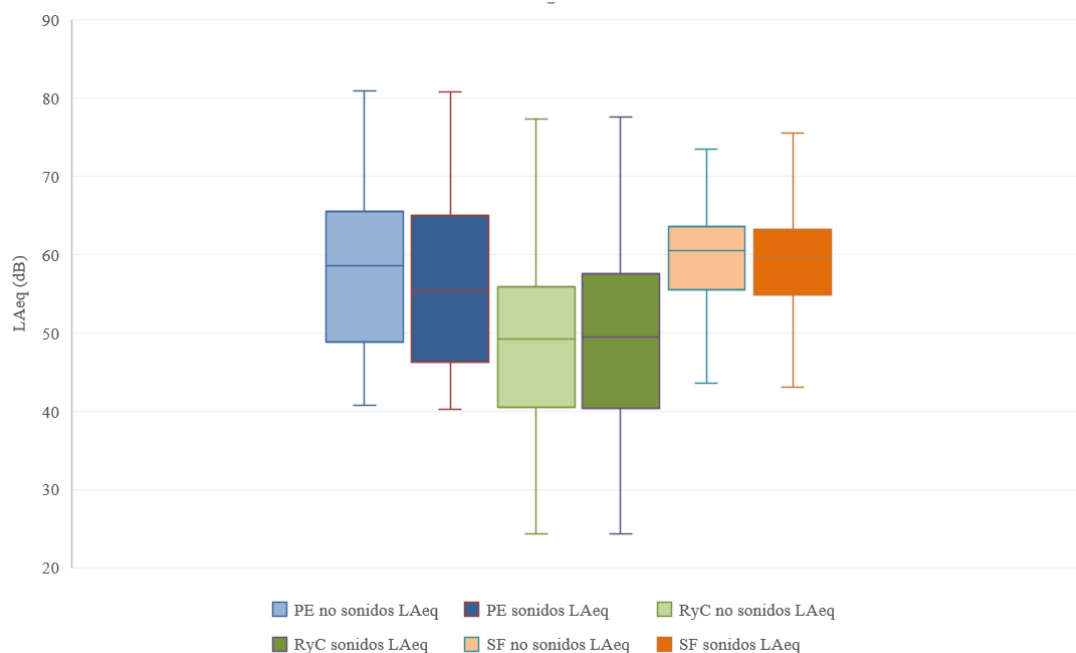


Figura 1.9.- Nivel equivalente ponderado A (dB) en los tres entornos con y sin sonidos introducidos.

A continuación, se muestran los espectrogramas obtenidos de las grabaciones realizadas durante el estudio. Con este tipo de análisis, podemos hacernos una idea de la energía de la señal por frecuencias según va avanzando en el tiempo.

En la Figura 1.10 se puede observar que, en la Plaza de España, el sonido generado por la marca sonora fuente de agua ocupa gran parte de la energía en frecuencias durante toda la grabación. Como la fuente genera una energía cercana a la zona de máximos de los ruidos presentes en la plaza, se produce un enmascaramiento de la mayoría de sonidos, incluso de los que están muy por encima en frecuencia, como los de pájaros que introdujimos en el entorno. El nivel de presión sonora más alto es debido principalmente a la fuente de agua y al murmullo de la gente que se reúne en la plaza.

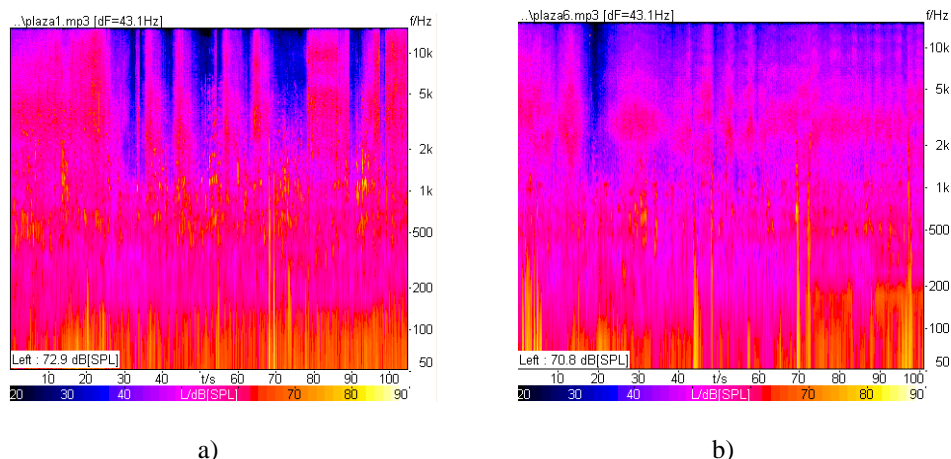


Figura 1.10.- Espectrogramas Plaza de España con la fuente de agua encendida. a) sin sonidos introducidos; b) con sonidos introducidos

Cuando la fuente de agua está apagada, los sonidos introducidos son fácilmente reconocibles en el espectrograma. Por ejemplo, en la Figura 1.11 se observa la energía que introduce una de las grabaciones de pájaros que se reprodujeron en el entorno en el rango de frecuencias entre 4kHz y 6 kHz, destacando además del resto de sonidos del entorno.

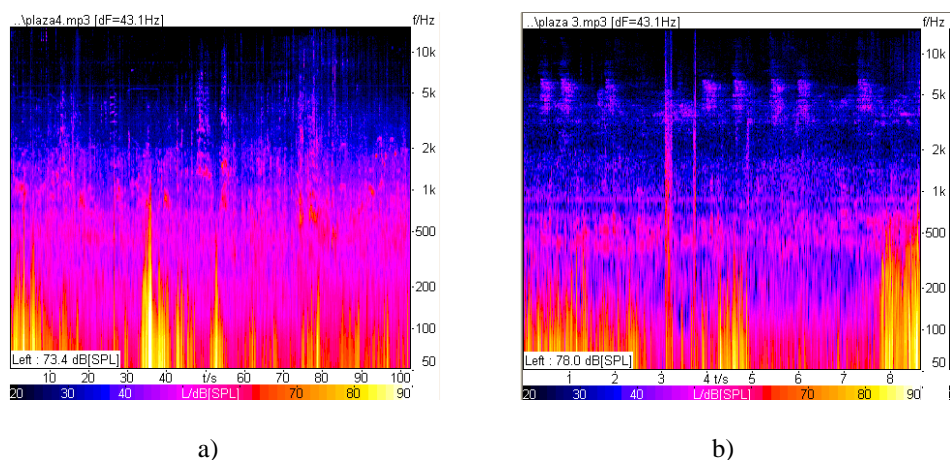


Figura 1.11.- Espectrogramas Plaza de España con la fuente de agua apagada. a) Sin sonidos introducidos; b) Con sonidos introducidos

En la calle Ramón y Cajal, la gente y la música que sale de las tiendas se configuran como marcas sonoras del entorno. Es en este entorno donde es más fácil apreciar los sonidos introducidos. En la figura 1.12 mostramos dos espectrogramas de la zona, sin sonidos introducidos y con sonidos introducidos. De nuevo, se puede identificar la energía entorno a los 5kHz que introduce una de las grabaciones de pájaros, quedando estos perfectamente integrados en el entorno.

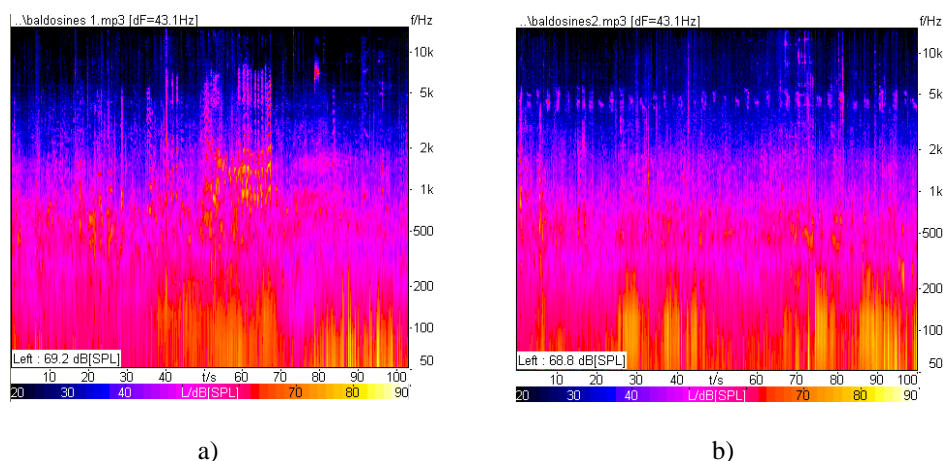


Figura 1.12.- Espectrogramas calle Ramón y Cajal. a) Sin sonidos introducidos; b) Con sonidos introducidos

En la calle San Francisco, el ruido de tráfico se configura como una marca sonora del entorno. Aunque es posible escucharlos y diferenciarlos, los sonidos introducidos se encuentran muy enmascarados por el sonido de los vehículos, ya que estos tienen una energía cercana a la zona de máximos de los sonidos presentes en el entorno.

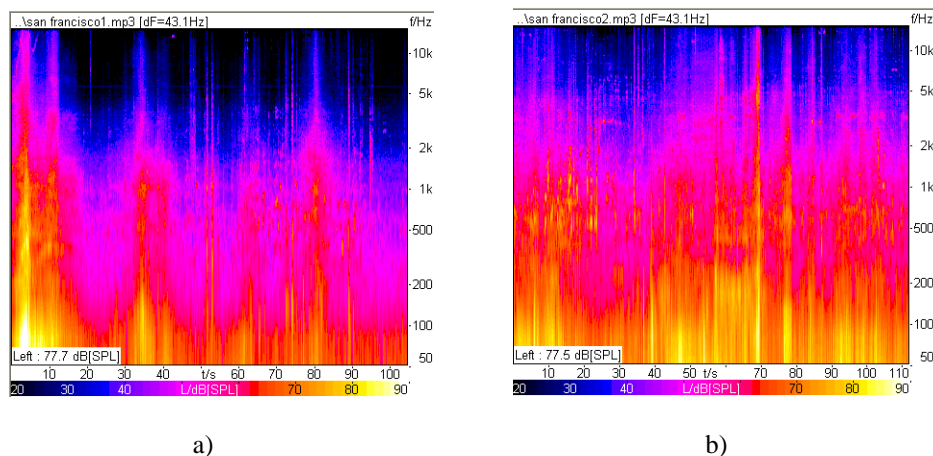


Figura 1.13.- Espectrogramas calle San Francisco. a) Sin sonidos introducidos; b) Con sonidos introducidos

### 1.3.2. Percepción del paisaje sonoro urbano

En total se realizaron doscientas seis encuestas distribuidas parcialmente en los tres entornos elegidos, de los cuales noventa y nueve eran hombres (48,06%) y ciento siete mujeres (51,94%) (Figura 1.14). Según el Instituto Nacional de Estadística INE

[121], con fecha 1 de enero de 2017 el 51,18% de la población de Villanueva son mujeres, siendo el 48,82% restante hombres, confirmando la tendencia de sexo del estudio. Este número constituye el 1% de la población de la ciudad, siendo similar o superior a otros estudios de este ámbito. El porcentaje de encuestados residentes en Villanueva es superior al ochenta y dos por ciento. La mayoría de ellos tienen relación directa con el entorno, bien porque lo utilizan como zona de paso hacia sus lugares de residencia o trabajo, bien porque lo utilizan habitualmente como zona de ocio. Algunos de los encuestados restantes acuden con frecuencia a Villanueva. Otros sólo permanecen durante las vacaciones.

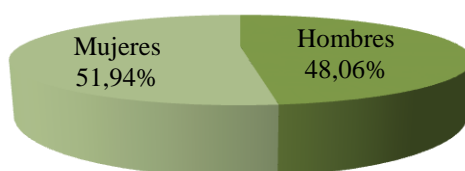


Figura 1.14- Porcentaje de encuestados por sexo

Respecto de las edades, algo más del 34% de los encuestados están en la franja de 30 a 39 años, y casi el 80% de los entrevistados tienen edades comprendidas entre 20 y los 60 años (Tabla 1.2). Aunque la tendencia es similar en el INE, el porcentaje en la banda de 30 a 39 años representa el 14,91% de la población, y las edades comprendidas entre los veinte y los sesenta años representan el 56,6 % (Tabla 1.2). Debido a las dificultades en la comprensión de algunos términos, realizar este cuestionario a menores de 18 años o mayores de 85 resulta complicado, razón por la cual estos rangos de edades no tienen representación en nuestro estudio.

Edad encuestados		
Edad	%encuestas	%INE
0-19	4,9	20,7
20-29	14,6	12,1
30-39	34,5	14,9
40-49	14,6	15,2
50-59	14,1	14,4
60-69	15	10,3
>70	2,4	12,3

Tabla 1.2- Porcentaje de encuestados por edad

### 1.3.2.1. Percepción de los entornos urbanos sin modificar

En este apartado, mediante un análisis de correlación estadística, se ha comparado la percepción general de los 3 entornos urbanos elegidos, sin introducir sonidos ajenos al entorno, según las características urbanas, según el ruido y sus efectos y según el paisaje sonoro (Tabla 1.3).

DISEÑO DEL ESPACIO SONORO URBANO.  
MÉTODOS DE INGENIERÍA APLICADOS AL AMBIENTE SONORO

		Plaza España (1)		Ramón y Cajal (2)		San Francisco (3)		Comparación de calles		
Características		Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana	1&2	1&3	2&3
<b>Características urbanas</b>	limpieza	5,5	6	3,9	3,5	4,11	4	**	***	n.s.
	aire	5,7	6	5,5	5,5	5	5	n.s.	**	n.s.
	sonidos	5,4	6	4,8	5	4	4	*	***	**
	olores	5,5	6	4,9	5	4,2	4	*	***	n.s.
	estética	5,8	6	4	4	4,3	5	***	**	n.s.
<b>Efectos del ruido</b>	conversación	2,3	2	2,2	2	3,2	3	n.s.	*	*
	pensamientos	1,9	2	2,3	2	2,3	2	n.s.	n.s.	n.s.
	visual	1,8	2	2,1	2	2,5	2	n.s.	n.s.	n.s.
	irritabilidad	1,4	1	0,9	1	1,6	1	n.s.	n.s.	n.s.
	sobresalto	0,8	0	0,8	0,5	1,7	2	n.s.	**	*
	molestia en los oídos	0,9	0	0,7	0,5	1,4	1	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Creencias del ruido</b>	afecta a la salud	5,5	5	5,7	6	5	5	n.s.	n.s.	n.s.
	problema de contaminación	5,6	6	5,8	6	5,2	6	n.s.	n.s.	n.s.
	complejo de resolver	5,4	6	5,8	6	4	4	n.s.	**	***
	tema importante para autoridades	4,1	4	4,6	5	4,3	4	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Ruido urbano</b>	ruido ciudad	3,6	4	2,8	3	3,8	4	n.s.	n.s.	n.s.
	ruido calle	2,8	2	2,2	2	4,4	5	n.s.	**	***
	molestia ruido en el momento	1,8	1	1,3	1	2,5	2	n.s.	n.s.	*
<b>Paisaje sonoro</b>	esperado-inesperado	2,3	2	2,1	2	2,8	3	n.s.	**	**
	seco-reverberante	4,1	4,5	3,7	3,5	3,2	3	n.s.	*	n.s.
	agradable-desagradable	3	3	2,7	2	3,6	4	n.s.	*	**
	estable-variable	4,2	4	4,5	5	4	4	n.s.	n.s.	n.s.
	nítido-confuso	3,5	3	3,2	3	3,1	3	n.s.	n.s.	n.s.
	relajante-estresante	2,9	2,5	3	3	4,2	4	n.s.	***	***
	cálido-frío	3,4	3	3,1	3	3,4	3	n.s.	n.s.	n.s.
	interesante-aburrido	3,2	3	4,9	5	4,4	4	***	**	n.s.
	calmado-agitado	3,5	3	3	3	4	4	n.s.	n.s.	*
	natural-artificial	3,8	3	3,9	3	5,1	5	n.s.	*	n.s.
rugoso-suave	4,3	4	4,3	4	4,1	4	n.s.	n.s.	n.s.	

Tabla 1.3- Comparativa de la percepción en los entornos sin introducir sonidos ajenos según las características urbanas, según el ruido y sus efectos, y según el paisaje sonoro. \* Significante a p-valor  $\leq 0.05$ ; \*\* Significante a p-valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\* Significante a p-valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

Para las características urbanas limpieza, aire, sonidos, olores y estética de la Tabla 1.3, en general, la percepción es positiva en los tres entornos, encontrando las valoraciones más altas en el entorno peatonal con actividades sociales y de ocio. Para

las características urbanas, la zona 1 se diferencia de la zona 3 de manera altamente significativa ( $p$ -valor  $< 0.001$ ) para las características limpieza, sonidos y olores, siendo esta diferencia muy significativa ( $p$ -valor  $< 0.01$ ) para las características aire y estética. Cabe recordar que las principales marcas sonoras en la zona 1 son gente, niños jugando y agua, generalmente interpretados como sonidos agradables, lo que influye en que las características de esta zona sean especialmente valoradas respecto de la zona 3, cuyas marcas sonoras son gente y tráfico rodado, este último usualmente interpretado como molesto. Las diferencias entre las características limpieza y estética también son altamente significativas para las zonas 1 y 2. Parece claro que la atención que se le otorga a este entorno, una plaza peatonal abierta y con predominio de actividades sociales, provoca en los encuestados una mejor valoración respecto de los otros dos.

La única característica que se diferencia entre los 3 entornos es el sonido, estando mejor valorada en los entornos 1 y 2 (peatonales) que en el entorno 3 (tráfico). Además, existen diferencias significativas entre las zonas peatonales, con una mejor percepción de los sonidos en el entorno en el que se realizan actividades sociales (1) que en el comercial (2). Estas diferencias son altamente significativas ( $p$ -valor  $< 0.001$ ) entre las zonas 1 y 3, existiendo una diferencia de valoración media muy superior entre ambas.

Aunque la percepción de la característica urbana sonidos es diferente para los 3 entornos, no se observa un efecto significativo en la percepción de los efectos del ruido, excepto en la conversación entre los entornos 1-3 y 2-3 ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) y el sobresalto entre los entornos 1-3 ( $p$ -valor  $< 0.01$ ) y 2-3 ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). Las valoraciones medias son similares entre los dos entornos peatonales (1,2), siendo mínimamente superiores en el entorno con tráfico (3).

Resulta de interés que, aunque los mayores niveles sonoros se alcanzan en el entorno 1 (peatonal-social), es este es el que recibe las mejores valoraciones para las características urbanas y los efectos del ruido, y el que tiene mayores diferencias con el entorno 3 (tráfico-comercial). Parece claro que las características urbanísticas, el

tipo de uso y los sonidos influyen en la percepción que tienen los usuarios de los entornos.

Los encuestados no interpretan la ciudad como ruidosa, pero sí que lo hacen por calles o entornos, encontrando diferencias significativas entre los entornos 1 y 3 ( $p$ -valor  $< 0.01$ ) y los entornos 2 y 3 ( $p$ -valor  $< 0.001$ ). De nuevo, aunque los niveles sonoros son superiores en el entorno 1, es el entorno 3 el que se percibe como más ruidoso. Además, entre ambos entornos comerciales (2 y 3) existen diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) en la percepción de molestia que, aunque no es muy alta, obtiene una valoración media superior en el entorno con tráfico.

En general, los usuarios de los 3 entornos creen que el ruido es un problema de contaminación, que afecta a la salud y que es complejo de resolver. Llama la atención que, en estas creencias sobre el ruido, las menores valoraciones se encuentran en el entorno 3 (tráfico), probablemente debido a que la gente interpreta como una solución fácil la disminución o anulación del paso de vehículos por este tipo de escenarios. Sucede al contrario en los entornos peatonales: la ausencia de tráfico puede implicar que las personas creen que no existe un remedio sencillo al ruido que les rodea.

Respecto de la descripción del paisaje sonoro mediante el uso de diferencias semánticas, las diferencias significativas en la descripción del paisaje sonoro se establecen entre los entornos peatonales (1 y 2) y el entorno con tráfico (3), para las parejas que describen la sensación de agrado/molestia: agradable-desagradable, relajante-estresante, natural- artificial. Para este tipo de adjetivos también se encuentran diferencias significativas entre los entornos 1-2 y 1-3 para la pareja interesante-aburrido. Las valoraciones (Figura 1.15) son similares para ambos entornos peatonales (1 y 2) excepto para la pareja interesante-aburrido, en el que el entorno peatonal-comercial (2) era interpretado como bastante aburrido. Debido a un descenso en la actividad comercial, motivado entre otros factores por el desarrollo de internet y por la venta directa a través de plataformas de comercio electrónico [122], los usuarios parecen interpretar un entorno que tradicionalmente debería ser interesante por la presencia de gente, como aburrido. Contrasta con el entorno peatonal-social (1), en el que hay gran afluencia de personas, y que se interpreta como bastante interesante. El



entorno comercial con tráfico (3) fue evaluado como más estresante, agitado y artificial que los entornos peatonales (1 y 2), adjetivos claramente orientados a la sensación de molestia. Además, se han encontrado diferencias significativas entre los entornos 1-3 y 2-3 para la pareja esperado-inesperado, relacionada con la actividad en los lugares en los que se realizaron las encuestas.

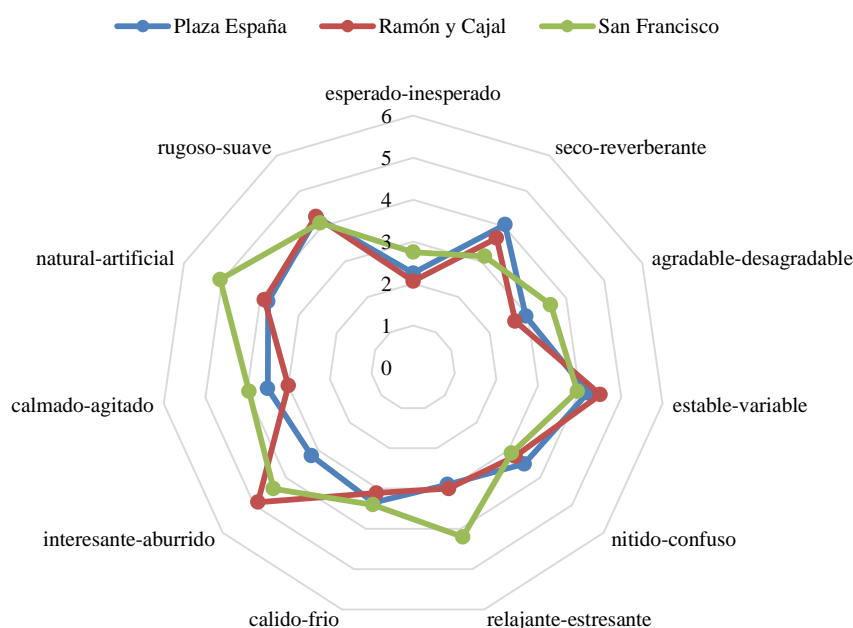


Figura 1.15- Valoraciones para la descripción del paisaje sonoro en los entornos sin introducir sonidos

No se han encontrado diferencias significativas entre los entornos para las parejas que indican temporalidad (estable-variable, seco-reverberante), contenido espectral (rugoso-suave, cálido-frío) o calidad de la señal (nítido-confuso) en la Tabla 1.3. Las valoraciones para ellas son similares en los 3 entornos y cercanas al punto medio de la escala elegida entre los dos adjetivos, lo que podría indicar la dificultad que tienen los encuestados para entender estas parejas de adjetivos. Como excepción, para la pareja seco-reverberante se ha encontrado diferencia significativa entre los entornos 1 y 3, probablemente debida a la dificultad de los encuestados de interpretar esta pareja de adjetivos.

En este análisis resulta de interés que las diferencias entre entornos son mayores cuando se caracteriza el paisaje sonoro que cuando se analizan los efectos del ruido.

### **1.3.2.2. Efectos de la modificación del entorno sonoro**

En este apartado se han comparado los entornos sin sonidos y con sonidos introducidos. En general, las valoraciones medias son mejores cuando los sonidos estaban presentes en los entornos para las características urbanas, el ruido y sus efectos y el paisaje sonoro en los entornos 1 y 2. Para el entorno 3, el entorno con tráfico, las valoraciones medias son similares en ambos casos. (Tabla 1.4)

PERCEPCIÓN DEL PAISAJE SONORO URBANO.  
EFECTOS DE LA INTRODUCCIÓN DE SONIDOS EN EL ENTORNO

		Plaza España (1)					Ramón y Cajal (2)					San Francisco (3)				
Características		Sin sonidos		Con sonidos		p-valor	Sin sonidos		Con sonidos		p-valor	Sin Sonidos		Con sonidos		p-valor
		Media	Mediana	Media	Mediana		Media	Mediana	Media	Mediana		Media	Mediana	Media	Mediana	
<b>Características urbanas</b>	limpieza	5,5	6	5,8	6	n.s.	3,9	3,5	4,9	5	*	4,1	4	5	5	*
	aire	5,7	6	6,1	6	n.s.	5,5	5,5	5,8	6	n.s.	5	5	4,6	5	n.s.
	sonidos	5,4	6	5,9	6	*	4,8	5	5,4	5,5	*	4	4	4,2	4	n.s.
	olores	5,5	6	5,7	6	n.s.	4,9	5	5,4	6	*	4,2	4	4,6	5	n.s.
	estética	5,8	6	6,3	6,5	n.s.	4	4	4,4	5	n.s.	4,3	5	4,6	5	n.s.
<b>Efectos del ruido</b>	conversación	2,3	2	1,8	2	n.s.	2,2	2	1,9	2	n.s.	3,2	3	2,9	2,5	n.s.
	pensamientos	1,9	2	1,2	1	n.s.	2,3	2	1,5	1	n.s.	2,3	2	3	3	n.s.
	visual	1,8	2	1,7	1	n.s.	2,1	2	1,3	1	n.s.	2,5	2	3,1	3	n.s.
	irritabilidad	1,4	1	1,2	1	n.s.	0,9	1	1	1	n.s.	1,6	1	2,4	2	n.s.
	sobresalto	0,8	0	0,7	0	n.s.	0,8	0,5	0,9	1	n.s.	1,7	2	2,4	2	n.s.
	molestia en los oídos	0,9	0	0,7	0	n.s.	0,7	0,5	0,8	1	n.s.	1,4	1	2,8	2	*
<b>Creencias del ruido</b>	afecta a la salud	5,5	5	5,7	6	n.s.	5,7	6	6,4	7	*	5	5	5,9	6	*
	problema de contaminación	5,6	6	5,6	6	n.s.	5,8	6	6,2	6	n.s.	5,2	6	6,6	7	*
	complejo de resolver	5,4	6	5,2	6	n.s.	5,8	6	5,5	6	n.s.	4	4	5,2	5	*
	tema importante para autoridades	4,1	4	4,9	5	n.s.	4,6	5	4,7	5	n.s.	4,3	4	5,9	6	*
<b>Ruido urbano</b>	Ciudad ruidosa	3,6	4	3,5	3	n.s.	2,8	3	3,6	3	n.s.	3,8	4	3,7	4	n.s.
	Calle ruidosa	2,8	2	3	3	n.s.	2,2	2	2,4	2	n.s.	4,4	5	4,6	5	n.s.
	molestia ruido en el momento	1,8	1	1,4	0	n.s.	1,3	1	1,1	0	n.s.	2,5	2	3,4	3,5	*
<b>Paisaje sonoro</b>	esperado-inesperado	2,3	2	2,5	2	n.s.	2,1	2	2,8	2	n.s.	2,8	3	2,4	3	n.s.
	seco-reverberante	4,1	4,5	4	4	n.s.	3,7	3,5	4	4	n.s.	3,2	3	5,1	5	*
	agradable-desagradable	3	3	2,2	2	*	2,7	2	2,6	2	n.s.	3,6	4	4,3	4,5	n.s.
	estable-variable	4,2	4	4,1	4	n.s.	4,5	5	3,4	3	*	4	4	4,3	4	n.s.
	nítido-confuso	3,5	3	3,2	3	n.s.	3,2	3	3,1	3	n.s.	3,1	3	3,4	3	n.s.
	relajante-estresante	2,9	2,5	2,8	2	n.s.	3	3	3,4	3	n.s.	4,2	4	5,1	5	*
	cálido-frío	3,4	3	2,7	2	n.s.	3,1	3	3,2	3	n.s.	3,4	3	3,6	3	n.s.
	interesante-aburrido	3,2	3	3,2	3	n.s.	4,9	5	3,9	4	*	4,4	4	4,4	4	n.s.
	calmado-agitado	3,5	3	3	3	n.s.	3	3	3,4	3,5	n.s.	4	4	4,8	5	*
	natural-artificial	3,8	3	2,3	2	*	3,9	3	2,8	2	*	5,1	5	5,1	5	n.s.
rugoso-suave	4,3	4	4,2	4	n.s.	4,3	4	4,4	4	n.s.	4,1	4	3,2	3	*	

Tabla 1.4- Comparativa de la percepción en los entornos sin y con sonidos introducidos. \* Significante a p-valor  $\leq 0.05$ ; \*\* Significante a p-valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\* Significante a p-valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

En general, las valoraciones medias otorgadas a las características urbanas son mejores cuando se introducen los sonidos en los tres entornos. Existe diferencia significativa ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) para la característica sonidos en los dos entornos peatonales con diferentes usos (1 y 2) entre los entornos con sonidos y sin sonidos ajenos a ellos. Además, en el entorno peatonal comercial (2) se han encontrado diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) en las características limpieza y olores y en el entorno de tráfico comercial (4) en la característica limpieza. Cabe recordar que la mayoría de los sonidos introducidos están grabados en entornos naturales y rurales, y muchos de ellos tienen sonidos de distintos pájaros o agua como fuente sonora principal, que suelen ser sonidos hacia los que se muestra una actitud positiva [30].

Las valoraciones medias son muy similares para la evaluación de los efectos del ruido en los entornos 1 y 2. Para el entorno 3, las valoraciones medias son mayores cuando están presentes los sonidos ajenos al entorno, lo que indica que afecta más a la conversación, los pensamientos, les produce más irritabilidad o sobresalto, a los individuos encuestados. Se ha encontrado solo una diferencia significativa ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) en el entorno 3 para la molestia en los oídos.

Es en las creencias al ruido, y concretamente en el entorno más ruidoso (3) donde más diferencias significativas se encuentran. De nuevo, las valoraciones medias son similares para los entornos 1 y 2, encontrando solo una diferencia significativa ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) para la creencia de que el ruido afecta a la salud en el entorno 2, en el que la valoración es que afecta más cuando los sonidos son introducidos en los entornos. Para el entorno 3 se encuentran diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) para todas las creencias. Además, en este entorno los encuestados otorgan las valoraciones más altas cuando se introducen los sonidos, lo que nos lleva a pensar que, en un entorno con ruido, introducir más sonidos, aunque estos sean sonidos ante los que se suele mostrar una actitud positiva, afecta negativamente a la experiencia vivida en el entorno, tanto en los efectos como en las creencias del ruido.

Las valoraciones para la percepción de ciudad ruidosa se encuentran en los valores intermedios de la escala para los 3 tipos de entorno y en los dos casos estudiados, sin y con sonidos introducidos. Esto indica que para los encuestados la

ciudad se encuentra en un punto neutro, ni ruidosa ni no ruidosa. Los entornos 1 y 2 son considerados como poco ruidosos por los encuestados, por debajo de la media para ambos casos. Sin embargo, el entorno 3 es considerado como bastante ruidoso, por encima de la media para ambos casos. No se han encontrado diferencias significativas en ninguno de estos casos. Sin embargo, se han encontrado relaciones significativas entre la molestia del ruido y la sensación de calle ruidosa para los 3 entornos (Tabla 1.5), así como para la satisfacción de los sonidos y el nivel de ruido en el entorno 3 (tráfico-comercial). Se observa que la molestia del ruido aumenta cuando la sensación de calle ruidosa es mayor en los tres entornos, teniendo la relación más significativa en el entorno 3 ( $p$ -valor  $< 0.001$ ), el que tiene ruido de tráfico. Para la satisfacción al sonido solo se ha encontrado relación significativa en el entorno 3 ( $p$ -valor  $< 0.001$ ) y con signo negativo, lo que quiere decir que a mayor satisfacción con los sonidos, menor sensación de calle ruidosa. Parece claro que estar en un lugar más tranquilo o más ruidoso no afecta a la percepción general del ruido de la ciudad, pero sí a la satisfacción o a la molestia de los encuestados.

Características	Plaza España (1)	Ramón y Cajal (2)	San Francisco (3)
<b>Satisfacción sonido y calle ruidosa</b>	-0.32	-0.14	-0.52 ***
<b>Molestia ruido y calle ruidosa</b>	0.49 **	0.38 *	0.58 ***

Tabla 1.5- Relaciones entre la satisfacción al sonido y la sensación de calle ruidosa y entre la molestia del ruido y la sensación de calle ruidosa. \* Significante a  $p$ -valor  $\leq 0.05$ ; \*\* Significante a  $p$ -valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\* Significante a  $p$ -valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

La percepción de molestia del ruido en el momento de realizar la encuesta es baja para los entornos 1 y 2 con y sin sonidos introducidos (Tabla 1.4). Para el entorno 3, la percepción de molestia del ruido en el momento de realizar la encuesta es menor sin introducir sonidos que introduciéndolos, encontrando aquí una diferencia significativa ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). De nuevo, parece que introducir sonidos aumenta la sensación de molestia cuando el entorno ya es muy ruidoso.

Además, como se muestra en la Tabla 1.6, se han encontrado relaciones significativas entre la percepción de molestia y todos los efectos del ruido para los 3 tipos de entorno, en muchos casos con alta relación ( $p$ -valor  $< 0.001$ ). Así, la molestia generada por el ruido está relacionada con la distracción en la conversación, en los pensamientos y en la atención visual, además de en la provocación de irritabilidad, sobresalto y molestia en los oídos (a mayor molestia de ruido, mayores efectos). Las mayores relaciones se dan en los entornos 1 (peatonal-social) y 3 (tráfico-comercial), que son los que mayor actividad tienen. Las relaciones son menores en el entorno 2 (peatonal-comercial), probablemente debido a la disminución progresiva de la actividad comercial en el lugar.

<b>Rho Spearman / Plaza España</b>	<b>Satisfacción del Sonido</b>	<b>Molestia del ruido</b>
conversación	-0.28	0.51**
pensamientos	-0.01	0.34*
visual	-0.22	0.61***
irritabilidad	-0.38*	0.71***
sobresalto	-0.20	0.63***
oídos	-0.38*	0.72***
<b>Rho Spearman / Ramón y Cajal</b>	<b>Satisfacción del Sonido</b>	<b>Molestia del ruido</b>
conversación	-0.18	0.42*
pensamientos	-0.15	0.47*
visual	-0.03	0.53**
irritabilidad	-0.04	0.48*
sobresalto	-0.01	0.46*
oídos	-0.03	0.40*
<b>Rho Spearman / San Francisco</b>	<b>Satisfacción del Sonido</b>	<b>Molestia del ruido</b>
conversación	-0.32	0.64***
pensamientos	-0.33*	0.58***
visual	-0.20	0.62***
irritabilidad	-0.28	0.62***
sobresalto	-0.23	0.61***
oídos	-0.31	0.57***

Tabla 1.6- Relaciones de los efectos del ruido con la satisfacción al sonido y con la molestia del ruido.  
\* Significante a  $p$ -valor  $\leq 0.05$ ; \*\* Significante a  $p$ -valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\* Significante a  $p$ -valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

Respecto de la satisfacción al sonido, casi no se han encontrado relaciones significativas con los efectos del ruido, más allá la provocación de irritabilidad y molestia en los oídos en el entorno 1 ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) y de distracción en los

pensamientos en el entorno 3 (p-valor < 0.05). Los valores negativos indican que, a mayor satisfacción, menores efectos del ruido.

La satisfacción al sonido sí que está vinculada con la satisfacción al resto de características (limpieza, aire, olores y estética) de los entornos evaluados (Tabla 1.7), encontrando relaciones significativas en los 3 entornos evaluados excepto para la estética en el entorno con tráfico. Todas las relaciones son positivas, por lo que la introducción de sonidos puede mejorar la satisfacción a los mismos y a su vez afectar a la mejora de la satisfacción de otras características del entorno, consiguiendo una mejor satisfacción global. La característica aire es la que guarda mayor relación con el sonido en los 3 entornos, con un p-valor < 0.01 para el entorno 1, y un p-valor < 0.001 para los entornos 2 y 3, seguida de los olores (p-valor < 0.001) para el entorno 3.

De este análisis de características podemos extraer una conclusión clara: Que la molestia del ruido afecta a los efectos del ruido: a mayor molestia del ruido, mayor afección; y que la satisfacción con los sonidos afecta a las características del entorno: a mayor satisfacción con los sonidos, mejor percepción del entorno.

Coeficiente de correlación entre sonido y otras características de los entornos	Rho de Spearman		
	Plaza de España (1)	Ramón y Cajal (2)	San Francisco (3)
<b>limpieza</b>	0.26*	0.35**	0.34**
<b>aire</b>	0.36**	0.56***	0.40***
<b>olores</b>	0.30*	0.45**	0.39***
<b>estética</b>	0.36**	0.38**	0.19

Tabla 1.7- Relaciones entre sonido y otras características de los entornos con los sonidos introducidos

A continuación se ha analizado la descripción del paisaje sonoro que hacen las parejas de adjetivos contrapuestos elegidos, según las valoraciones otorgadas por parte de los encuestados, con los sonidos introducidos en el entorno (Figura 1.16)

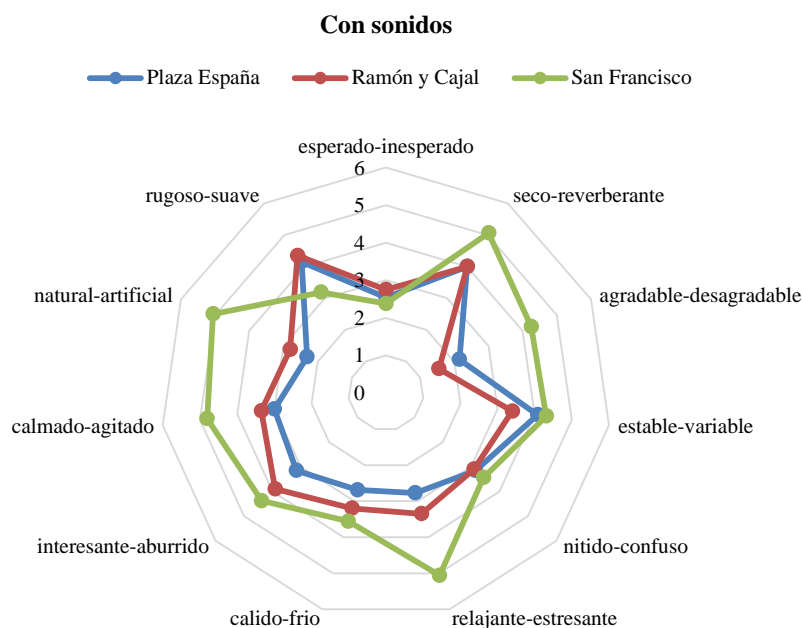


Figura 1.16- Valoraciones para la descripción del paisaje sonoro en los entornos con introducción de sonidos

Respecto de las valoraciones medias, en general, los encuestados tienden a evaluar de forma más positiva el paisaje sonoro en los entornos 1 y 2 cuando los sonidos son introducidos. Sucede al contrario en el entorno 3: cuando los sonidos se introducen, la percepción de los individuos tiende hacia la parte negativa de los adjetivos elegidos. Este hecho se ve de manera sencilla si lo representamos gráficamente. A continuación, en la Figura 1.17 presentamos las diferencias en las valoraciones medias para cada una de las parejas de adjetivos contrapuestos, tomando como primer término de la diferencia las valoraciones medias otorgadas a los adjetivos sin introducción de sonidos, y como segundo, las valoraciones medias otorgadas a los adjetivos con introducción de sonidos. Las diferencias positivas indican tendencia hacia el segundo de los adjetivos. Las diferencias negativas indican tendencia hacia el primero de los adjetivos.



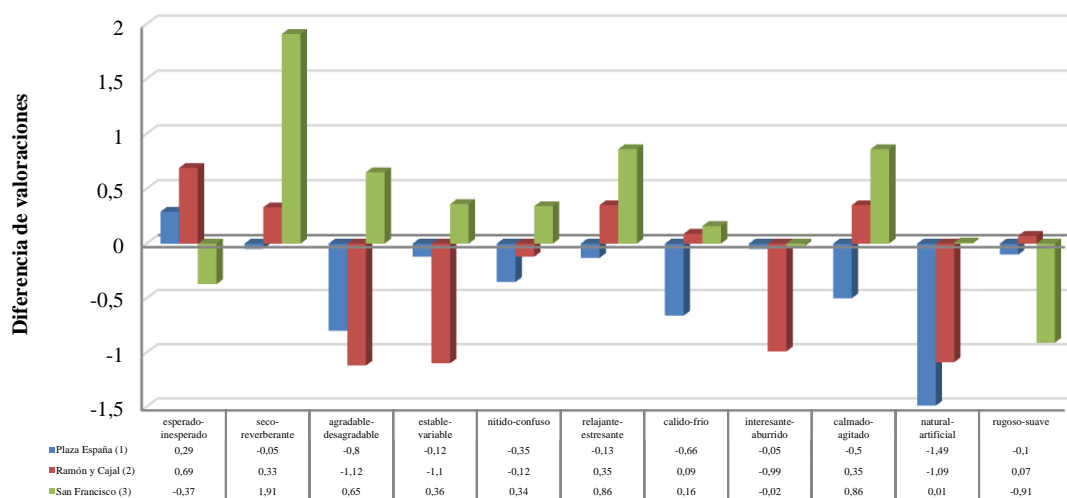


Figura 1.17- Diferencia de Valoraciones para la descripción del paisaje sonoro en los entornos sin y con introducción de sonidos

Así, el entorno 1 se interpreta como más inesperado, más seco, más agradable, más estable, más nítido, más relajante, más cálido, más interesante, más calmado, más natural y más rugoso cuando los sonidos son introducidos en el entorno. Cabe destacar aquí que la percepción de entorno agradable aumenta casi un punto cuando los sonidos naturales son reproducidos en la Plaza de España, al igual que sucede con la sensación de entorno natural, que aumenta casi 1,5 puntos con respecto al entorno sin sonidos. Es preciso recordar aquí que la escala elegida para la evaluación del paisaje sonoro es de 7 puntos, por lo que un aumento de 1 punto en la valoración ya es considerable. Ambas partes del estudio se hicieron con la fuente de agua de la Plaza de España encendida.

Es en el entorno 2, la calle Ramón y Cajal, donde se encuentran las mayores diferencias en las valoraciones medias del paisaje sonoro. Este lugar se interpreta como más inesperado, más reverberante, más agradable, más estable, más nítido, más estresante, más frío, más interesante, más agitado, más natural y más suave cuando los sonidos se introducen en la calle. Las mayores diferencias se encuentran en la evaluación de agradabilidad, siendo algo más de 1,10 puntos superior, así como en la

percepción de entorno estable, 1.10 puntos mejor, de entorno interesante, casi 1 punto mejor, y de entorno natural, algo más de 1 punto mejor, cuando los sonidos son introducidos en el entorno.

Sin embargo, la percepción del entorno 3 es evaluada hacia la parte negativa de los adjetivos elegidos. Así, este entorno es considerado por los individuos como más esperado, mucho más reverberante, más desagradable, más variable, más confuso, más estresante, más frío, más interesante, más agitado, más artificial y más rugoso. El paisaje sonoro se interpreta como 1,91 puntos más variable, 0.65 puntos más desagradable, 0.86 puntos más estresante, 0.86 puntos más agitado y 0.91 puntos más rugoso cuando los sonidos se introducen en la calle San Francisco. Al igual que ocurría con la sensación de molestia anteriormente, parece que introducir sonidos, aunque sean naturales, en un entorno ruidoso, contribuye a una peor evaluación del entorno sonoro.

A continuación, en la Tabla 1.8, se evalúan las relaciones entre la satisfacción al sonido y la molestia del ruido con la valoración del paisaje sonoro que otorgan los encuestados cuando los sonidos son introducidos en el entorno.

La satisfacción al sonido se relaciona con la descripción del paisaje sonoro que hacen los adjetivos agradable-desagradable (3 entornos), nítido confuso (entornos 1 y 2), relajante-estresante (entornos 2 y 3), interesante-aburrido (entornos 2 y 3), natural-artificial (entornos 1 y 2), rugoso-suave (entorno 1). La correlación negativa para todas las parejas de adjetivos, excepto para rugoso-suave, indica que están asociadas en sentido inverso, es decir, hacia la izquierda desde el punto central en las parejas de adjetivos. Por poner un ejemplo, a mayor satisfacción de sonidos, menos desagradable (o más agradable) interpretan los encuestados el conjunto de sonidos que los rodean.

Sucede a la inversa respecto de la molestia del ruido. Las relaciones significativas encontradas para la descripción del paisaje sonoro se dan en las parejas agradable-desagradable (entornos 1 y 2), estable-variable (entorno 1), relajante-estresante (3 entornos), interesante-aburrido (entorno 2), calmado-agitado (3 entornos), natural-artificial (entorno 1), rugoso-suave (entornos 2 y 3). Todos tienen correlación

positiva excepto la pareja rugoso-suave, lo que indica que tienden hacia la parte derecha de las parejas de adjetivos. Para el mismo ejemplo anterior, a mayor percepción de molestia, más desagradable el entorno.

Spearman	Plaza España		Ramón y Cajal		San Francisco	
	Satisfacción Sonido	Molestia Ruido	Satisfacción Sonido	Molestia Ruido	Satisfacción Sonido	Molestia Ruido
esperado- inesperado	-0,06	0,05	-0,07	-0,19	0,05	0,16
seco- reverberante	-0,26	0,23	-0,08	0,05	-0,2	0,3
agradable- desagradable	-0,44*	0,49**	-0,44**	0,57***	-0,52**	0,26
estable- variable	-0,09	0,34*	-0,1	0,12	0,09	0,19
nítido- confuso	-0,40*	0,26	-0,40*	0,3	-0,01	0,26
relajante- estresante	-0,21	0,56***	-0,34*	0,46**	-0,55***	0,55***
cálido- frío	-0,26	-0,02	-0,15	0,22	0,12	0,22
interesante- aburrido	-0,26	0,29	-0,68***	0,34**	-0,35*	0,3
calmado- agitado	-0,18	0,50**	-0,2	0,60***	-0,29	0,40*
natural- artificial	-0,34*	0,46**	-0,34*	0,24	-0,28	0,29
rugoso- suave	0,58***	-0,18	0,16	-0,44**	0,28	-0,65***

Tabla 1.8- Relaciones entre la satisfacción al sonido y la molestia del ruido con la percepción del paisaje sonoro con los sonidos introducidos- \* Significante a p-valor  $\leq 0.05$ ; \*\* Significante a p-valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\* Significante a p-valor  $\leq 0.001$ ;

Llama la atención la pareja rugoso-suave. Para el entorno 1, la correlación es positiva para la satisfacción del sonido (p-valor  $< 0.001$ ), lo que indica que, a mayor satisfacción del sonido, más suave el conjunto de sonidos del entorno. Para los entornos 2 y 3 la correlación es negativa para la molestia del ruido, lo que indica que, a más molestia, más rugoso se interpreta el entorno. Esto tiene sentido en el caso del entorno 3, con tráfico, pero no tanto en el entorno 2, aunque podría ser explicado por la cercanía de una parte de la calle a la zona de tráfico del entorno 2.

Las parejas calmado-agitado y relajante-estresante, se relacionan en los 3 entornos con la percepción de molestia de ruido de forma positiva: a más molestia del ruido, más agitados y más estresantes son evaluados los entornos.

Además, hay parejas de adjetivos que correlacionan tanto con la satisfacción como con la molestia, pero con signo contrario en todos los casos. Por ejemplo, para la pareja relajante-estresante del entorno 3, en el que, a mayor satisfacción del sonido, más relajante el conjunto de sonidos y a mayor molestia de ruido, más estresante el conjunto de sonidos.

Las relaciones de satisfacción y molestia con los adjetivos contrapuestos utilizados para describir el paisaje sonoro, pueden darnos una idea de las componentes que componen el paisaje sonoro del entorno. Algunas de las parejas que correlacionan con la satisfacción o la molestia, por ejemplo agradable-desagradable o interesante-aburrido, suelen explicar la componente de agradabilidad. Otras, como calmado-agitado, suelen explicar la componente Actividad. En cualquier caso, habría que hacer un estudio más profundo de las componentes del paisaje sonoro en un entorno de este tipo.

## **1.4. CONCLUSIONES**

En este capítulo se ha evaluado la percepción que tienen los usuarios de tres entornos con diferentes usos de dos formas: Introduciendo unas grabaciones sonoras con sonidos, principalmente, naturales y rurales; y sin introducir estos sonidos. Las conclusiones que se extraen son:

Como resultado de los análisis del monitoreo continuo, podemos afirmar que los sonidos introducidos no han variado el espectro en tercios de octava de los entornos originales. Además, los niveles sonoros son también muy similares con y sin introducción de sonido, condición esta indispensable para el desarrollo correcto de la experiencia. Como se observa en los espectrogramas, los sonidos quedaron perfectamente integrados en el entorno, pasando a formar parte del paisaje sonoro de las calles cuando se estaban reproduciendo. Gran parte de estos sonidos pertenecían a diferentes clases de pájaros, por lo que es fácil encontrar su energía en frecuencias alrededor de 5kHz, por encima de la zona de máximos de los ruidos presentes en los lugares peatonales (entornos 1 y 2) elegidos en el estudio. Sin embargo, resulta más

complicado encontrar los sonidos introducidos en el espectrograma del entorno 3, ya que tienen una energía cercana a la zona de máximos de los sonidos, principalmente de tráfico, presentes en el lugar.

El análisis descriptivo muestra que la percepción de las características urbanas, sin introducir sonidos, es positiva en los tres tipos de entornos elegidos, encontrando las valoraciones más altas en el entorno de la Plaza de España (1). Esto es debido a la atención que se le otorga a este entorno, una plaza peatonal abierta en la que se realizan actividades sociales y de ocio, conformándose como punto de encuentro en la ciudad. Las mayores diferencias en las valoraciones se dan entre el entorno 1, peatonal- social, y el entorno 3, tráfico- comercial. En este estudio, las diferencias entre entornos son mayores cuando se caracteriza el paisaje sonoro que cuando se analizan los efectos del ruido. Parece posible encontrar relaciones entre la satisfacción por los sonidos y la molestia del ruido con cada una de las características urbanas, efectos del ruido y creencias del ruido.

En general, las valoraciones medias son mejores cuando se introducen los sonidos para las características urbanas, el ruido y sus efectos y el paisaje sonoro en los entornos 1 y 2. Para el entorno 3, las valoraciones medias son similares en ambos casos, con y sin sonidos introducidos.

Aunque no se han encontrado relaciones significativas, la satisfacción al sonido aumenta cuando se introducen los sonidos en el entorno 1 y 2, lugares mejor valorados previamente. Los análisis realizados corroboran que existe una clara relación entre la satisfacción al sonido y el resto de características del entorno: limpieza, aire, olores y estética, mostrando relación significativa en los tres entornos elegidos. De esta manera, la mejoría de la satisfacción del sonido, por ejemplo introduciendo sonidos naturales de pájaros en un entorno urbano a través de unos altavoces, puede mejorar la satisfacción del resto de características del entorno.

En el entorno 3, con ruido de tráfico, la satisfacción al sonido está altamente relacionada ( $p$ -valor  $< 0.001$ ) con la sensación de calle ruidosa, pero en sentido

negativo: a mayor satisfacción del sonido, menor sensación de calle ruidosa y viceversa.

En la evaluación de los efectos del ruido, la introducción de sonidos afecta más a la conversación, los pensamientos, irritabilidad o sobresalto en el entorno 3. Este hecho es corroborado por las relaciones encontradas en las creencias al ruido en este entorno, siendo todas significativas, lo que nos lleva a pensar que, en un entorno con ruido, introducir más sonidos, aunque estos sean sonidos ante los que se suele mostrar una actitud positiva, afecta negativamente a la experiencia vivida en el entorno, tanto en los efectos como en las creencias del ruido.

La ciudad se encuentra en un punto neutro en cuanto a la sensación de ciudad ruidosa. La molestia de ruido está relacionada de manera significativa con la sensación de calle ruidosa en los 3 entornos de manera positiva, esto es, a mayor molestia de ruido, mayor sensación de calle ruidosa. Por tanto, introducir sonidos, aunque sean naturales, en un entorno ya “saturado” de sonidos, puede provocar mayor molestia en los usuarios.

Del análisis de características podemos extraer una conclusión clara: La molestia del ruido, aun introduciendo sonidos que se suponen agradables, repercute de manera negativa en la evaluación de los efectos del ruido y en la sensación de ciudad o calle ruidosa. Sin embargo, la satisfacción a los sonidos, incluyendo los introducidos en los entornos, afecta de manera positiva a las características del entorno.

De nuevo, en la descripción del paisaje sonoro mediante adjetivos contrapuestos, las valoraciones medias indican que introducir sonidos se interpreta de manera positiva por los usuarios en los entornos 1 y 2, percibiendo los lugares como más agradables y naturales. Por el contrario, en el entorno 3, las valoraciones medias indican que introducir sonidos se interpreta de manera negativa para los usuarios, percibiendo el entorno como más desagradable, más estresante y más agitado.

Parece claro que actuar sobre el ruido (nivel sonoro) o sobre el sonido (espectro sonoro), depende del tipo de entorno en el que queramos intervenir y de la valoración que le dan los usuarios a esos entornos. Para un entorno urbano peatonal, social o

comercial, actuar sobre el espectro sonoro, por ejemplo introduciendo sonidos naturales o rurales, afecta positivamente a la percepción de los usuarios, consiguiendo además repercutir en otras características no específicamente sonoras como la limpieza, los olores o la calidad del aire, por lo que parece una buena opción para los planificadores urbanísticos. Sin embargo, para un entorno urbano con predominio de ruido de tráfico, en el que la energía sonora puede ser alta, introducir sonidos contribuye a aumentar la sensación de molestia y de lugar ruidoso, por lo que parece más efectivo actuar primero sobre el nivel sonoro para luego actuar sobre el espectro y mejorar así la percepción global de este tipo de entornos.





# CAPÍTULO 2

## ESTUDIO DE LAS DIMENSIONES SONORAS DE UN ENTORNO URBANO

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho evidente que la contaminación acústica es un problema cada vez mayor en las ciudades. Cada vez más, la población afectada por los altos niveles sonoros representa un notable porcentaje del total de la población que vive en ellas. Por tanto, es necesario analizar qué sucede y plantear medidas que ayuden a moderar el riesgo ambiental que suponen los altos niveles sonoros, y así mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos.

Como se ha descrito en el Capítulo 1, a la hora de proponer medidas, actuar sobre los niveles sonoros o sobre el espectro sonoro parece depender del tipo de entorno en el que queramos intervenir, pero también, y muy importante, de la opinión que los usuarios tienen de estos entornos. Es por eso que, la respuesta emocional in situ de los individuos, resulta determinante para establecer medidas que mejoren su experiencia con el ambiente sonoro. Y es que, como ya se ha indicado en apartados anteriores, las personas eligen los lugares en los que reunirse, hacer deporte o descansar según lo agradable que les resulte el entorno, teniendo en cuenta, entre otras, la sensación emocional con el entorno sonoro que los rodea. Así, en la búsqueda de la percepción emocional del paisaje sonoro, M. Masullo [33] propone dos tipos de encuestas, una orientada a la preferencia y otra a la dimensión emocional del paisaje

sonoro, determinando que el segundo tipo de cuestionarios es más adecuado para establecer la dimensión positiva o negativa del lugar.

Las investigaciones que evalúan las reacciones afectivas ante diferentes estímulos en el ambiente suelen hacer uso de un tipo de escala diferencial semántica similar a la ideada por Mehrabian y Russel en 1974 [123], que consiste en un conjunto de 18 adjetivos contrapuestos calificados en una escala de 9 puntos que sirven para determinar cómo se encuentran los participantes en el contexto que les rodea. Este tipo de estudios resultan idóneos para investigar la percepción emocional de los individuos y, además, analizar las dimensiones sonoras de los entornos en los que se encuentran.

En acústica, los estudios de diferencias semánticas (SD) son usualmente utilizados para explorar las dimensiones del paisaje sonoro [40,124-128], esto es, la respuesta emocional de las personas al ambiente acústico que les rodea. Muchos de estos estudios utilizan el análisis factorial de Componentes Principales para establecer una relación entre las parejas de adjetivos que componen los estudios de diferencias semánticas, organizando de esta manera el paisaje sonoro en dimensiones o componentes sonoras. Por ejemplo, Kang [40] utiliza 18 parejas de adjetivos que cubren varios aspectos del paisaje sonoro, como la satisfacción: agradable-desagradable, calmado-agitado, confortable-no confortable; la variación: rugoso-suave, variado-sencillo o sociales: social-no social, con sentido-sin sentido, todos ellos evaluados mediante una escala de Likert de 7 puntos. Mediante el uso de análisis factorial identifica la relajación, la comunicación, la espacialidad y la dinámica como factores clave para caracterizar el paisaje sonoro en espacios públicos urbanos. Hall [124] realiza un análisis, en laboratorio, de componentes principales de seis escalas de diferencial semántico; agradabilidad, vivacidad, calma, confort, contenido informativo, intrusivo; cada una de ellas compuesta por diferentes adjetivos, entre los que se encuentran agradable-desagradable, natural-artificial y variado-simple, evaluados mediante una escala de 9 puntos por 5 participantes entre 219 grabaciones de paisaje sonoro. Determina que el 71% de la variabilidad de la respuesta emocional es recogida por las escalas agradabilidad y vivacidad, un resultado que se encuentra en la línea de otras investigaciones científicas [42, 129] en las que se establecen dos

componentes o dimensiones fundamentales: valencia emocional y excitación. Estas dimensiones son similares a las definidas en el análisis de componentes principales por Cain [127], que realiza un estudio para evaluar la percepción de distintas grabaciones de paisajes sonoros urbanos británicos, realizado en laboratorio, mediante 5 escalas semánticas; calma y relajación, confort y tranquilidad, vitalidad y excitación, intrusismo y sentido de sí mismo, e información; En este caso los adjetivos que componen las escalas semánticas pretenden completar la frase “This place makes me feel...” (“Este lugar me hace sentir...”), incluyendo entre ellos estresado-relajado, o simple-variado, concluyendo que el paisaje sonoro urbano puede ser caracterizado por dos factores principales que combinan los cinco iniciales: calma y vitalidad. También Axelsson [42] utiliza 50 fragmentos de 30 segundos de duración obtenidos de unas grabaciones binaurales de paisaje sonoro urbano realizadas en lugares con diferentes usos de Londres y Stockholm, evaluados por un conjunto de 116 adjetivos que consideran relevantes para la percepción del paisaje sonoro, entre los que se encuentran agradable-desagradable, comfortable-no comfortable y natural-artificial, determinando 3 dimensiones principales que explican el 74% de la varianza total: Agradabilidad, agitación y familiaridad. Kawai [130] realiza un análisis de componentes principales mediante un estudio de clústeres en el que los sujetos habían clasificado previamente diferentes sonidos según sus sensaciones, tales como natural-artificial, agradable-desagradable, monótono-variado, en un entorno interior y otro exterior. Kawai obtiene en ambos casos 3 dimensiones, interpretadas como preferencia, actividad y sentido de la vida cotidiana. En la línea de entornos interiores, Acun [128] realiza un análisis de diferencias semánticas en cuatro zonas de estudio del Campus de la Universidad de Bilkent, identificando bienestar, actividad y funcionalidad como dimensiones principales del paisaje sonoro. Entre las parejas de adjetivos que utiliza se encuentran desagradable-agradable, no comfortable-confortable, estático-dinámico, o molesto-no molesto.

En todas estas investigaciones se observa que la percepción de las dimensiones del paisaje sonoro depende de la capacidad subjetiva del encuestado para entender las palabras elegidas que forman las escalas de diferencial semántico [131], por lo que el

proceso de decisión de estas escalas dependerá en gran medida del enfoque que se le dé a las mismas. Uno de estos enfoques es evaluar la percepción emocional (escalas de evaluación) del entorno sonoro mediante las relaciones entre valoraciones subjetivas y variables acústicas objetivas que ayuden a que el marco conceptual sea más fiable [132]. En este sentido, Rey Gozalo [133] analiza la relación existente entre la percepción de agradable-no agradable y dos índices tradicionales de medida de ruido, nivel sonoro equivalente en dB ( $L_{eq}$ ) y nivel sonoro equivalente en dBA ( $L_{Aeq}$ ), encontrando correlaciones significativas entre los parámetros objetivos y la sensación de paisaje sonoro no agradable. K.W. Mat [55] analiza las relaciones entre 4 escalas de diferencial semántico basadas en 3 dimensiones sonoras: Evaluación: agradable-desagradable; Potencia: tranquilo-cargado; Actividad: simple-variado; establecidas mediante el análisis de 45 estudios de percepción sonora usando SD [134], y variables típicas del entorno acústico en 5 localizaciones diferentes de Hong Kong, encontrando relaciones significativas entre  $L_{Amax}$ ,  $N_{max}$  (sonoridad) y  $L_{A10}$ - $L_{A90}$ . La percepción de la variación del sonido por parte de los visitantes correlaciona de forma negativa con los incrementos de  $L_{Amax}$  y  $N_{max}$ , lo que indica que los encuestados son más sensibles a los cambios relativos del ambiente acústico que al ruido de fondo absoluto. V. Acun[135] analizan la relación de 12 parejas de adjetivos contrapuestos con el  $L_{Aeq}$  en 4 áreas de estudio del Campus de la Universidad de Bilkent (Turkey), determinando que en paisaje sonoro interior existe correlación entre los factores sensación, actividad-comunicación y funcionalidad y el  $L_{Aeq}$ .

El análisis de las escalas de diferencial semántico de las dimensiones sonoras es un tema en constante evolución, por lo que parece necesario establecer criterios que unifiquen la estrategia a seguir para determinar cuáles son las dimensiones sonoras y qué relaciones guardan con las variables objetivas clásicas del entorno sonoro. Por ejemplo, en la reciente ISO 12913- 2 [136], en el anexo C, se recogen 8 escalas de respuesta de parejas de adjetivos que ayudan a la recogida de datos en campo.

En este capítulo, mediante un análisis de diferencial semántico, vamos a analizar las dimensiones sonoras de Cáceres, una ciudad de Extremadura de menos de 100000 habitantes.

## 2.2. METODOLOGÍA

### 2.2.1. Área de estudio

Siguiendo las indicaciones de la ISO 12913-2 [136], este estudio se ha diseñado teniendo en cuenta la opinión de las personas en el contexto y el entorno acústico que les rodea.

Mediante un proceso de encuestado realizado a principios de marzo de 2020, se ha desarrollado un análisis in situ de diferencias semánticas, en horario diurno y en días laborales, en 26 calles del entorno urbano de la ciudad de Cáceres (Figura 2.1), que fueran representativas del entorno de la ciudad. Las encuestas fueron aprobadas por el Comité de Ética de la Universidad de Extremadura, firmando cada uno de los sujetos entrevistados un consentimiento en el que se les informaba de la finalidad de las mismas y de los derechos que tenían sobre ellas.



Figura 2.1. Calles seleccionadas en la ciudad de Cáceres (fuente: Google Earth)

Simultáneamente, se han tomado datos de diferentes variables para caracterizar otros elementos del entorno en el momento de realizar el proceso de encuestado. Se ha recogido información sobre algunas características urbanas: longitud (m), anchura

media (m), altura media (m) y la relación entre anchura y altura de las calles; así como ciertas características ambientales: temperatura del aire (°C), humedad (%), presión (hPa), velocidad del viento (nunca superando 5 m/s), luminosidad (klx) y temperatura del asfalto (°C). Además, se han medido diferentes indicadores sonoros mediante un sonómetro de clase 1, con una altura de micrófono de 1.5 m. respecto del suelo. Se realizaron mediciones de 15 minutos en cada una de las calles analizadas, registrando el nivel equivalente sin ponderar ( $L_{eq}$ ), el nivel equivalente ponderado A ( $L_{Aeq}$ ), el nivel máximo ( $L_{Amax}$ ) y los percentiles 10, 50 y 90 ( $L_{A10}$ ,  $L_{A50}$ ,  $L_{A90}$ ). Se comprobó la calibración del equipo antes y después de cada medición con un calibrador de clase 1.

### **2.2.2. Estudio de diferencias semánticas**

Ya hemos indicado en este trabajo que, en este tipo de estudios, la percepción depende de la capacidad subjetiva de los sujetos para entender las palabras elegidas que forman las escalas de diferencias semánticas. En los diferentes experimentos que el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura ha llevado a cabo a lo largo del tiempo [137-140], y en el Capítulo 1 de esta Tesis, se han analizado hasta 21 parejas diferentes de adjetivos (Tabla 2.1) localizados en la literatura científica por su capacidad de evaluar diferentes aspectos del paisaje sonoro, entre los que se incluían algunos como cálido-frío, interesante-aburrido, calmado-agitado, rugoso-suave, cómodo-molesto, confortable-inconfortable o seco-reverberante. Los estudios in situ realizados por el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura, constatan la dificultad que tienen los encuestados de entender algunos de ellos, bien sea porque están escritos en un lenguaje muy técnico (pulsante-no pulsante, seco-reverberante, estrecho-ancho, rugoso-suave, cálido-frío), bien porque son complicados de evaluar cuando se tienen en cuenta todos los estímulos presentes (diferente-usual) o bien porque ciertas parejas de adjetivos son entendidas como similares por los sujetos (agradable-desagradable, confortable-inconfortable, cómodo-molesto, interesante-aburrido, apropiado-inapropiado). Finalmente, nuestro estudio se ha reducido a 8 parejas de adjetivos (Tabla 2.2) conocidos por la gran mayoría de los encuestados que

nos permiten analizar las dimensiones del paisaje sonoro, así como establecer relaciones entre la percepción subjetiva y las variables acústicas y urbanas del entorno.

**Parejas de adjetivos iniciales**

Agradable	Desagradable
Relajante	Estresante
Cálido	Frío
Interesante	Aburrido
Natural	Artificial
Confortable	Inconfortable
Cómodo	Molesto
Silencioso	Ruidoso
Diferente	Usual
Estable	Inestable
Pulsante	No-pulsante
Seco	Reverberante
Estrecho	Ancho
Esperado	Inesperado
Seco	Reverberante
Estable	Variable
Nítido	Confuso
Calmado	Agitado
Rugoso	Suave
Apropiado	Inapropiado
Grave	Agudo

Tabla 2.1.- Lista de parejas de adjetivos iniciales

**Parejas de adjetivos finales**

<b>1</b>	Esperado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inesperado
<b>2</b>	Agradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Desagradable
<b>3</b>	Estable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Variable
<b>4</b>	Nítido	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Confuso
<b>5</b>	Relajante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Estresante
<b>6</b>	Apropiado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inapropiado
<b>7</b>	Grave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Agudo
<b>8</b>	Natural	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Artificial

Tabla 2.2.- Lista de parejas de adjetivos finales con la escala de Likert de 9 valores

Para la evaluación de las parejas de adjetivos, en este estudio se ha utilizado una escala de Likert de 9 valores, que tiene un valor intermedio neutro y es fácil de interpretar por los sujetos por estar acostumbrados a este tipo de escalas, además de que es un tipo de escala recurrente en este tipo de estudios sobre percepción sonora [40,124,127]

### **2.2.3. Procedimiento de análisis**

En primer lugar, se ha llevado a cabo un análisis descriptivo de las parejas de adjetivos teniendo en cuenta el método de categorización propuesto por el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura [91,92]. Este método de estratificación se basa en clasificar las calles en base a su capacidad y uso cuando conectan distintas zonas de la ciudad, correspondiendo las principales (más capacidad y más uso) a la Categoría 1 y las residenciales (menos capacidad y menos uso) a la Categoría 5. El análisis descriptivo, que nos puede dar una idea de lo que está sucediendo en la percepción del paisaje sonoro de la ciudad, se ha complementado con un análisis de correlación de Pearson, entre todas las variables obtenidas durante las mediciones que se llevaron a cabo de forma paralela al proceso de encuestado, y las valoraciones otorgadas a las parejas de adjetivos contrapuestos del estudio de diferencias semánticas, que pretenden describir el paisaje sonoro de la ciudad.

Posteriormente, las valoraciones otorgadas por los ciudadanos en la encuesta in situ, se han analizado utilizando el Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés) en SPSS versión 27 con licencia de la Universidad de Extremadura. Este tipo de análisis multivariante para variables cuantitativas, tiene la ventaja de no necesitar una suposición de normalidad de los datos.

Un Análisis de Componentes Principales se basa en las relaciones existentes entre los elementos que lo componen para identificar grupos de variables que se asocian entre sí. Así, podemos averiguar si distintas variables con distinta perspectiva se incluyen en un mismo grupo que representan al conjunto de variables original. La



extracción de factores o componentes mediante PCA supone un complejo proceso matemático, en el que se extrae una matriz llamada factorial de una matriz de correlaciones a través de la aplicación del análisis factorial. Las columnas de la matriz factorial son las componentes o factores, y las filas se corresponden con el número total de variables observadas.

El Análisis de Componentes Principales es una herramienta recurrente en los estudios de diferencias semánticas en el campo de la acústica. Como ya se ha indicado con anterioridad, permite establecer relaciones entre factores, que aquí llamaremos dimensiones del paisaje sonoro, y las parejas de adjetivos contrapuestos que componen este tipo de estudios, identificando grupos de adjetivos asociados entre sí. Así lo indica Ma [134] en una de sus investigaciones en la que realiza una revisión de varios artículos que utilizan los estudios de diferencias semánticas para evaluar la percepción emocional sonora de los usuarios, indicando que el 57,8% de estas investigaciones utiliza el Análisis de Componentes Principales para establecer relaciones entre parejas de adjetivos.

En este capítulo, se tratará la selección de parejas de adjetivos contrapuestos, correlacionadas, para convertirlo en un conjunto de nuevos adjetivos (componentes) que no guardan correlación, que, según las valoraciones de los ciudadanos, explique cuáles son las dimensiones principales del paisaje sonoro de Cáceres,. Estas dimensiones son combinaciones lineales de las parejas de adjetivos anteriores, y se colocan según la importancia de la variabilidad total que obtienen de las parejas de adjetivos.

Para simplificar la interpretación de las dimensiones, se ha utilizado el método de rotación ortogonal Varimax, minimizando los efectos de los coeficientes pequeños de manera que, los coeficientes más grandes, se asocien de forma más fácil a uno de las dimensiones.

## 2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron un total de 90 encuestas en horario diurno (7:00 – 19:00), con una proporción de 51 mujeres (56.67%) y 39 hombres (43.33%), con edades comprendidas entre los 18 y los 81 años (Figura 2.2), con una edad promedio de 44.29 años. El 95.5% de los encuestados residía en la Comunidad Autónoma de Extremadura, y entre ellos, el 58.5% era residente en Cáceres ciudad. De la misma manera que en el trabajo desarrollado en el capítulo 1 de esta Tesis, no se han realizado encuestas a menores de 18 años y mayores de 85 años.

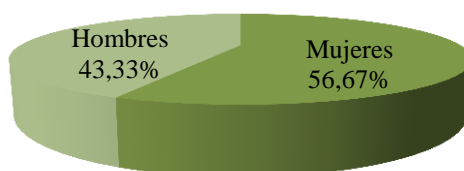


Figura 2.2.- Porcentaje de encuestados por sexo en Cáceres

Durante la encuesta, los ciudadanos respondían a la pregunta: ¿Hasta qué punto está de acuerdo con la descripción del paisaje sonoro de las ocho parejas de adjetivos de la siguiente tabla? Además, la escala de evaluación siempre estaba presente. En todo momento, un encuestador se encontraba a su lado por si al encuestado le surgía alguna duda respecto del significado de las parejas de adjetivos o del tipo de escala utilizada.

### 2.3.1. Análisis descriptivo

En primer lugar, como resultado del análisis descriptivo realizado en las distintas calles muestreadas en las categorías de la ciudad de Cáceres, en la Tabla 2.3 se muestran los valores promedio de las puntuaciones otorgadas a las diferentes variables o adjetivos contrapuestos en las distintas categorías. Se puede observar que para las parejas de adjetivos 2-5-6-8 (agradable-desagradable, relajante-estresante, apropiado-

inapropiado y natural-artificial), existe una variación de los valores a medida que se aumenta el rango de categoría de la calle. Por ejemplo, para la pareja 2, a medida que aumenta la categoría, disminuye la valoración media otorgada, tendiendo en los adjetivos contrapuestos hacia la sensación de agradable. Esto significa que en calles con menos uso, y por consiguiente, menos ruidosas, la sensación de agradabilidad es mayor. Para el resto de parejas, las valoraciones son similares o incluso mayores.

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Categoría 1</b>	3,6	6,1	5,3	3,5	6,8	4,6	4,6	7,8
<b>Categoría 2</b>	2,0	5,5	6,0	3,0	6,5	6,0	1,5	8,5
<b>Categoría 3</b>	3,4	5,9	4,9	3,2	6,0	4,2	3,8	6,2
<b>Categoría 4</b>	3,3	4,9	4,5	4,0	5,5	4,0	4,9	6,6
<b>Categoría 5</b>	3,3	5,0	4,9	3,4	5,7	4,4	4,6	6,0
<b>Mediana</b>	3,3	5,5	4,9	3,4	6,0	4,4	4,6	6,6
<b>Promedio</b>	3,1	5,5	5,1	3,4	6,1	4,6	3,9	7,0

Tabla 2.3.- Valores promedios otorgados por los encuestados según la categoría de calle

En el desarrollo del método de categorización, se ha demostrado que es posible agrupar categorías según los niveles sonoros o el tipo de uso que se hace de la calle [92], consiguiendo de esta manera reducir el número de variables sin pérdida de información, y a su vez, posibilitando otros tipos de análisis. En este trabajo se ha desarrollado una distribución de las valoraciones de las encuestas según dos agrupaciones de categorías: por un lado las categorías 1-2-3; por otro, las categorías 4,5. En las Figuras 2.3 se muestran las formas de las distribuciones por grupos de categoría para cada una de las variables o parejas de adjetivos que componen el estudio de diferencias semánticas.

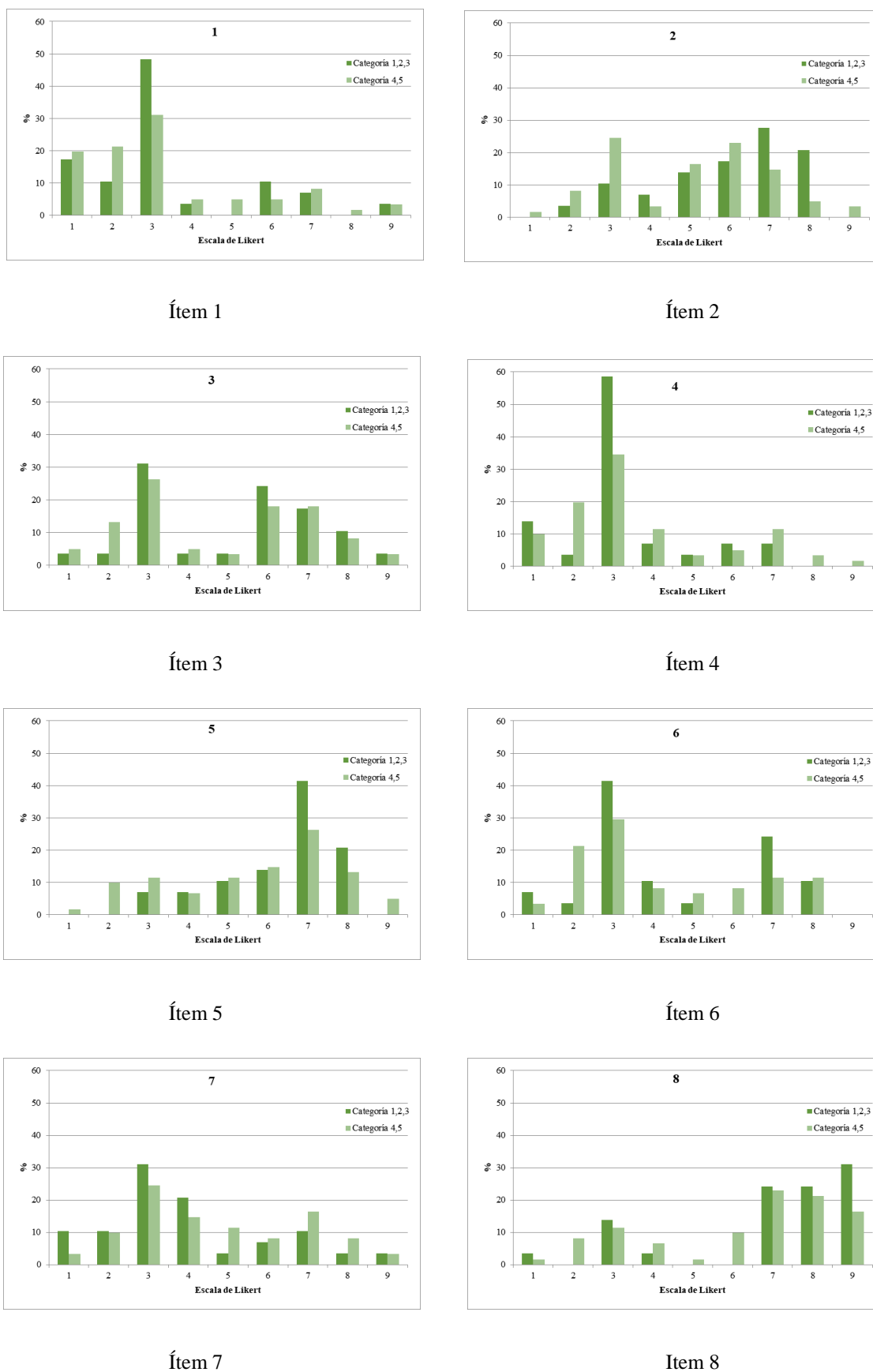


Figura 2.3.- Distribución de las valoraciones de las encuestas por variables, agrupadas por categorías.

Los diagramas de barra de la distribución de valores nos proporcionan información interesante. Por ejemplo, la distribución de valores muestra un sesgo hacia valores altos en las variables 2-5-8, pero hacia valores bajos en las variables 1-4. La distribución en las variables 3-6 tiende hacia valores altos y bajos, con mínimos de valoración en los puntos centrales. Por otro lado, la agrupación de categorías nos permite analizar la variación que existe entre los grupos elegidos. Las gráficas muestran un aumento de valores altos al pasar del grupo de categoría 4-5 al grupo de categoría 1-2-3. Este hecho es visible en las parejas de adjetivos 2, 5, 8 y 6 (agradable-desagradable, relajante-estresante, apropiado-inapropiado y natural-artificial), pero no tanto para las parejas 1-3-4 (esperado-inesperado, estable-variable, nítido-confuso). Sin embargo, para la pareja 7 (grave-agudo) la tendencia es a la inversa. La gráfica muestra una disminución de los valores altos al pasar del grupo de categoría 4-5 al grupo de categoría 1-2-3, indicándonos que, muy probablemente, los entornos en los que menos ruido hay se consideran más agudos. Todos estos resultados van a reflejarse en las posteriores relaciones con los indicadores sonoros obtenidos durante el estudio.

### **2.3.2. Análisis de regresión**

El siguiente paso que nos planteamos en este capítulo, dados los resultados obtenidos en el análisis descriptivo, fue analizar la significación entre cada una de las características urbanas y ambientales, y entre cada uno de los indicadores sonoros recogidos, con cada una de las parejas de adjetivos que forman el estudio de diferencias semánticas. Teniendo en cuenta que, las distribuciones de las valoraciones mostradas en el apartado 2.3.1 de este capítulo no presentan valores extremos y que, en general, siguen la tendencia de una distribución normal, este análisis se llevó a cabo a través del coeficiente de correlación de Pearson, como se ha indicado anteriormente.

En la Tabla 2.4 se muestran los resultados obtenidos del coeficiente de correlación de Pearson, indicando también el nivel de significación alcanzado. No se

han encontrado correlaciones entre las parejas de adjetivos y las características urbanas y ambientales, por lo que se han suprimido de la tabla, quedando solo los indicadores sonoros registrados.

A tenor de los resultados mostrados, si los comparamos con la variabilidad entre categorías de la Tabla 2.3, las parejas de adjetivos que tienen relación con los indicadores sonoros son las mismas, 2-5-6-8. Entre los diferentes indicadores, el percentil  $L_{A50}$  (dB), es el único que presenta correlación significativa con estas cuatro parejas de adjetivos, todos ellos relacionados con la sensación de agradabilidad o relajación, Parece que este indicador puede ser un buen predictor para la satisfacción al sonido, entendida esta como la sensación de agradabilidad con el entorno sonoro. Es decir, a mayor satisfacción al sonido, mayor sensación de agradabilidad y menor  $L_{50}$ .

Además, es interesante observar que, si funciona bien el  $L_{50}$  como predictor, también lo hace el nivel sonoro equivalente sin ponderar,  $L_{eq}$  (dB). En estudios actuales [139,141] el nivel sonoro equivalente explicaba mayor porcentaje de variabilidad que algunos indicadores psicoacústicos en la evaluación del entorno sonoro. En otro estudio reciente [27] el nivel equivalente sin ponderar mostraba mayor correlación significativa con algunas fuentes sonoras percibidas como molestas en parques de Cáceres, como el tráfico rodado o los animales. De esta manera, el  $L_{eq}$  (dB) se plantea como un buen predictor a la hora de evaluar la situación real de un entorno, desde el punto de vista del paisaje sonoro, y actuar en consecuencia sobre el mismo.

De nuevo, destaca la pareja de adjetivos 7, grave-agudo, la cual indica características espectrales del paisaje sonoro. Esta variable solo tiene correlación con el indicador  $L_{eq}$  (dB), pero con signo cambiado. Esto indica una tendencia inversa en la percepción del entorno para esa variable: a mayor  $L_{eq}$  (dB), más grave se interpreta el entorno. A menor  $L_{eq}$  (dB), más agudo. Es un hecho que el espectro influye en la calidad del paisaje sonoro. En concreto, las bajas frecuencias del tráfico rodado contribuyen a un deterioro [142,143] del entorno sonoro que, como ya se ha indicado en esta tesis, resulta difícil de moderar. En el análisis descriptivo hemos demostrado que para este ítem, existía una tendencia inversa en la valoración según las categorías,

considerando los entornos con menos ruido como más agudos, o lo que es lo mismo, los entornos con más ruido como más graves. Y eso es lo que parecen percibir también los ciudadanos encuestados en Cáceres: cuanto más tráfico, más frecuencias graves, más deterioro y peor percepción del entorno sonoro urbano. Por tanto, actuar en el espectro tiene consecuencias en la percepción del paisaje sonoro.

Indicadores sonoros	Adjetivos							
	1		2		3		4	
	R	significación	R	significación	R	significación	R	significación
Leq (dB)	-0,042	0,827	0,553**	0,002	0,352	0,061	0,088	0,649
LAeq (dB)	-0,001	0,994	0,560**	0,002	0,330	0,081	0,128	0,509
LAmáx (dB)	-0,081	0,676	0,489**	0,007	0,155	0,422	0,022	0,909
LA10,0 (dB)	0,013	0,948	0,554**	0,002	0,352	0,061	0,163	0,398
LA50,0 (dB)	0,097	0,615	0,508**	0,005	0,418*	0,024	0,118	0,541
LA90,0 (dB)	0,138	0,475	0,388*	0,038	0,451*	0,014	0,049	0,801

Indicadores sonoros	Adjetivos							
	5		6		7		8	
	R	significación	R	significación	R	significación	R	significación
Leq (dB)	,577**	0,001	0,339	0,072	-,373*	0,047	,662**	0,000
LAeq (dB)	,560**	0,002	,369*	0,049	-0,332	0,078	,596**	0,001
LAmáx (dB)	,410*	0,027	0,286	0,133	-0,261	0,172	,576**	0,001
LA10,0 (dB)	,576**	0,001	0,366	0,051	-0,353	0,061	,575**	0,001
LA50,0 (dB)	,586**	0,001	,379*	0,043	-0,358	0,057	,605**	0,001
LA90,0 (dB)	,480**	0,008	0,308	0,104	-0,293	0,123	,578**	0,001

Tabla 2.4.- Relaciones entre los indicadores sonoros y las parejas de adjetivos del estudio de diferencias semánticas. \* Significante a p-valor  $\leq 0.05$ ; \*\* Significante a p-valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\* Significante a p-valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

### 2.3.3. Adecuación del muestreo para Análisis de Componentes Principales

A continuación, se ha llevado a cabo un test de medida estadístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para comprobar la adecuación de la muestra para la realización de Análisis de Componentes Principales. Este tipo de pruebas verifica si las

correlaciones parciales entre los ítems son pequeñas de la siguiente manera (Tabla 2.5)

KMO	Extremos	Valores			
	0 → Mucha difusión. PCA inapropiado	<0,5	entre 0,5 y 0,6	entre 0,6 y 0,7	> 0,7
1 → Patrón de correlaciones compacto. PCA confiable	Malo	Mediocre	Bueno	Muy bueno	

Tabla 2.5.- Medida de la adecuación de la muestra según KMO

Si el test de KMO se acerca a 0, el Análisis de Componentes Principales es inapropiado para la muestra. Para que el PCA sea confiable, es necesario que el resultado del test sea, al menos, superior a 0.6, siendo una situación ideal si el test se acerca mucho al valor 1.

Además, se ha llevado a cabo una prueba de esfericidad de Bartlett. Este test analiza la hipótesis nula de que las variables estudiadas no guardan correlación alguna en la muestra. De esta manera comprueba si existe redundancia entre las variables que constituyen las dimensiones obtenidas. Los resultados obtenidos a través de SPSS v.27 se muestran en la Tabla 2.6.

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,750
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	192,441
	gl	28
	Sig.	<,001

Tabla 2.6.- Resultados test KMO y test de esfericidad de Bartlett para la muestra indicada

El test de KMO de adecuación de nuestra muestra nos indica que la proporción de la varianza que tienen en común los adjetivos analizados, obtiene un resultado de 0.750, por lo que podemos considerar la adecuación del muestreo como muy buena. Además, la prueba de esfericidad de Bartlett muestra una correlación entre variables



significativamente distinta de cero ( $p < 0.001$ ), por lo que podemos rechazar la hipótesis nula de esfericidad y afirmar que las variables están suficientemente asociadas con el lugar en el que la matriz de correlaciones difiere de manera significativa de la matriz identidad, teniendo un ajuste de las variables ideal para el tipo de análisis que vamos a llevar a cabo.

Con estas dos pruebas podemos afirmar que los datos son suficientemente compactos como para identificar las dimensiones del paisaje sonoro de Cáceres. Además, podemos verificar que en nuestro trabajo, la técnica de Análisis de Componentes Principales, tiene capacidad real de comprimir los datos de la muestra de una manera significativa.

Si además analizamos las correlaciones existentes entre las parejas de adjetivos (variables) mediante una medida no paramétrica como Spearman, podemos comprobar la fuerza de la asociación entre esas variables. En la Tabla 2.7 se muestran aquellas entre las que se han encontrado relaciones significativas.

1-4	0,257*				
2-5	0,728***				
2-6	0,578***		5-6	0,470***	
2-8	0,509***		5-8	0,586***	
					6-8
					0,265***

Tabla 2.7.- Coeficientes de correlación de Spearman entre variables. \* Significante a  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ; \*\* Significante a  $p\text{-valor} \leq 0.01$ ; \*\*\* Significante a  $p\text{-valor} \leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

La relación es muy significativa entre las variables 2-5-6-8, que se corresponden con agradable-desagradable, relajante-estresante, apropiado-inapropiado, natural-artificial, lo que, además de afianzar nuestro estudio, nos proporciona una idea de cómo se pueden ir situando estas variables en las dimensiones. Sin embargo, en el análisis de correlación no se muestra esta tendencia con el resto de variables, excepto con la 1-4 (esperado-inesperado, nítido-confuso), aunque con una asociación menos fuerte.

### 2.3.4. Obtención de las dimensiones del paisaje sonoro

A continuación, se ha realizado el Análisis PCA con rotación Varimax y criterio de Kaiser de valores mayores que 1. El criterio de Kaiser se utiliza para conocer el número adecuado de componentes o dimensiones que vamos a conservar. En este tipo de estudios, de manera habitual, las componentes con valores superiores a 1 son las que explican el mayor porcentaje de la varianza total (Tabla 2.8). La rotación Varimax es una combinación lineal de la matriz factorial original, pero que explica la misma varianza que aquella. Al rotar la matriz, se consigue que cada una de los ítems originales alcance un nivel de correlación lo más cercano a uno posible con una de las dimensiones, y cercanas a cero con el resto. Es decir, la correlación de un mismo ítem será muy alta con una de las dimensiones pero muy baja con las demás.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	2,897	36,218	36,218	2,893	36,157	36,157
2	1,288	16,101	52,319	1,285	16,06	52,217
3	1,143	14,285	66,604	1,151	14,387	66,604
4	0,815	10,186	76,79			
5	0,719	8,982	85,772			
6	0,598	7,477	93,25			
7	0,319	3,989	97,239			
8	0,221	2,761	100			

Tabla 2.8.- Varianza total explicada utilizando criterio de Kaiser de valores mayores que 1

En este trabajo se han encontrado tres componentes, que superan el criterio de Kaiser, y que rotados explican casi el 67% de la varianza total de los datos. Con este porcentaje, se cumple uno de los objetivos del Análisis de Componentes Principales: reducir las componentes del estudio a un número mínimo con la suficiente capacidad de explicar los datos. Cabe recordar aquí que, aunque este es el criterio más conocido y utilizado en los estudios de diferencias semánticas, existen otros menos comunes (Scree-test, Velicer, Razón de Verosimilitud, porcentaje) que podrían incluir alguna

de las componentes descartadas en este capítulo, pero que ya no serían tan fieles a la reducción que aquí proponemos.

Las componentes principales del estudio y su valor pueden visualizarse más fácilmente en el gráfico de sedimentación de la Figura 2.4, en el que se muestra la componente principal frente a los valores indicados para ella, ordenándolos de mayor a menor. Se puede observar como a partir de la componente cuatro, las componentes dejan de presentar fuertes pendientes.

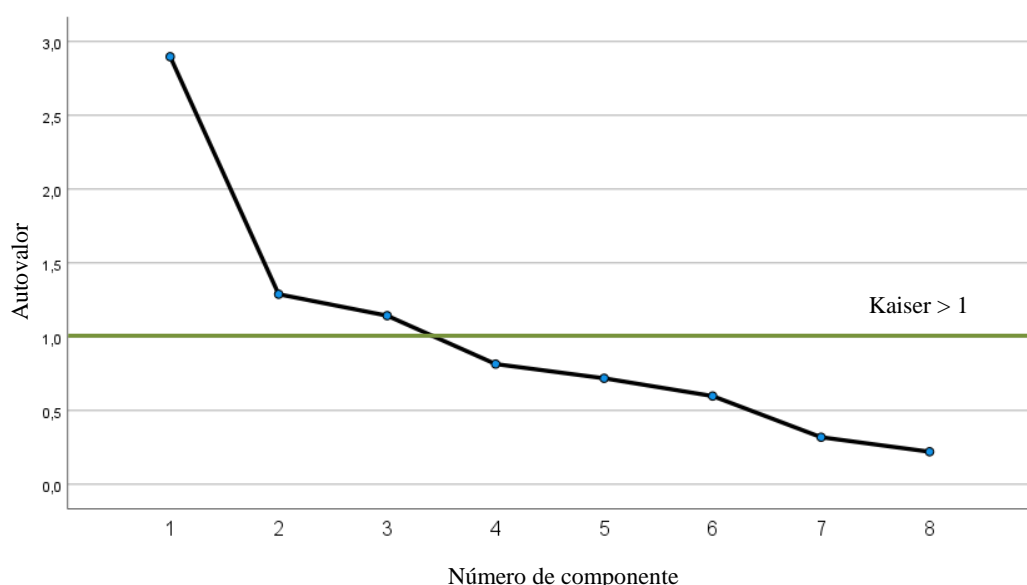


Figura 2.4.- Gráfico de sedimentación de las componentes obtenidas

Una vez comprobada la adecuación de la muestra e identificadas las tres componentes que superan el criterio de Kaiser, se agrupan las variables en la matriz de componentes rotada, mostrando los valores que se encuentran por encima de 0.3, consiguiendo de esta forma una mejor exposición de los adjetivos iniciales que se obtienen para cada componente. (Tabla 2.9). Mediante el gráfico de componente rotado de la Figura 2.5, es fácil observar cómo se agrupan las variables en el espacio entre las componentes. Por ejemplo, las variables 2-5-6-8 forman claramente una agrupación en los valores altos de la componente 1 pero en valores cercanos a cero para las componentes 2 y 3. Las variables 1-3-7 forman una agrupación en valores

superiores a 0.6 de la componente 2, pero en valores cercanos a cero para las componentes 1 y 3. La variable 4 se sitúa en los valores altos de la componente 3, pero en valores cercanos a cero de las componentes 1 y 2.

Adjetivos	Componente		
	1	2	3
5	0,904		
2	0,876		
8	0,792		
6	0,697		
7	-0.306	0,654	
3		0,652	-0.424
1		0,649	0.393
4			0,839

Tabla 2.9.- Matriz de componentes rotada

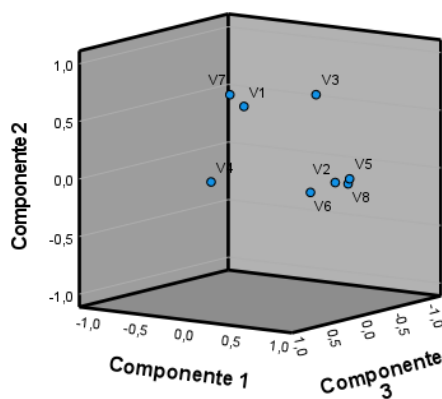


Figura 2.5.- Gráfico de componentes en espacio rotado

Las parejas de adjetivos que componen la primera dimensión son relajante-estresante, agradable-desagradable, natural-artificial y apropiado-inapropiado. Estos son también los ítems que anteriormente tenían una distribución de valores similares en el apartado 2.3.1, que también mostraban relación significativa en el análisis de correlación de Spearman del apartado 2.3.2 de este Capítulo, y que además se visualizan claramente agrupadas en el gráfico de componentes de espacio rotado. Por

todo lo analizado en este capítulo, las parejas de adjetivos 2-5-6-8 que componen en esta dimensión nos invitan, sin ninguna duda, a definirla como evaluación emocional/agrado-molestia, relacionada en la literatura científica con la dimensión agradabilidad de Axelsson o Hall [42,108,111,124] y la relajación de Kang, Zhang, Davies o Cain [40,99,114,126,127].

La pareja de adjetivos grave-agudo también aparece en la primera dimensión, pero con signo cambiado, lo que parece indicar una relación inversa con el resto de variables: cuanto más grave es el entorno, menos agradable es interpretado por los encuestados (y a la inversa). Este hecho ya se daba también en el análisis descriptivo y en el análisis de regresión, igual que ocurría con los ítems 2-5-6-8. Como este ítem tiene poco peso en la componente 1, y además está más relacionado con las componentes espectrales, no lo consideraremos en la primera dimensión.

La segunda dimensión se explica con las parejas grave-agudo, esperado-inesperado, estable-variable (ítem 1-3-7) La pareja de adjetivos esperado-inesperado no tiene correlación significativa con las variables acústicas del análisis de regresión, probablemente debido a la dificultad de los sujetos para entender cuando un conjunto de sonidos es el esperado de un entorno (o también porque es muy esperado), o probablemente porque no es el nivel sonoro lo que marca si los sonidos de un entorno son o no esperado, ya que sonidos esperados o inesperados pueden tener valores de niveles sonoros muy diferentes en ambos casos. La pareja estable-variable correlaciona con las variables acústicas  $L_{A50}$  y  $L_{A90}$ . Un entorno con más actividad puede considerarse más variable, y habitualmente, cuanto mayor actividad, poseerá mayores niveles sonoros. La correlación es positiva, a mayor valor de la variable independiente, mayor valor de la dependiente, lo que indica que, si esa actividad aumenta, aumenta también los percentiles con los que correlaciona. Es decir, si el valor de la actividad percibida es mayor, los valores de los percentiles también son mayores. Esta pareja, además, está muy relacionado con la componente espectral del paisaje sonoro: Un entorno considerado por los ciudadanos como muy estable, va a tener poca variación en el espectro. Por el contrario, un entorno sonoro considerado como muy variable, habitualmente, va a tener mayor variación en el espectro. La

pareja grave-agudo se encuentra dentro de la segunda dimensión con signo positivo, al contrario de lo que lo hacía en la primera dimensión, pero no correlaciona con las variables acústicas indicadas. Como ya se ha indicado anteriormente, esta pareja está relacionada con la componente espectral, es decir, cuanto más grave se percibe el entorno, más presencia de fuentes asociadas al tráfico, lo que indica mayor actividad en el lugar y en consecuencia, menos agradable. Por tanto, tiene sentido que la relación con la dimensión 1, agrado-molestia/evaluación emocional sea negativa. Esta segunda dimensión la vamos a definir como actividad/excitación.

La tercera dimensión la hemos definido como dominancia/familiaridad por las parejas de adjetivos que, de inicio, la componen: esperado-inesperado, estable-variable y nítido-confuso (ítems 1-3-4). Respecto de la pareja esperado-inesperado, es posible que un entorno que se considera esperado esté dominado por algún tipo de sonido en concreto. Un ejemplo sería el sonido dominante del tráfico en alguna de las calles de acceso o principales de la ciudad, anteriormente agrupadas como categorías 1-2-3. Este tipo de entorno se percibiría como un entorno esperado, ya que el individuo está familiarizado con el ruido de tráfico en estos lugares. Esto va en la línea de lo indicado en la segunda dimensión sobre que el entorno puede ser muy esperado, y por tanto, familiar. No obstante, el peso de este ítem es bajo en la dimensión.

La segunda pareja de adjetivos, estable-variable tiene varias interpretaciones en esta dimensión:

1. Un entorno sonoro evaluado como variable no parece tener una relación con una componente sonora dominante. Además, no necesariamente un entorno sonoro más variable indica mayores niveles, por lo que, en este sentido, no explicaría el factor 3.
2. Esta pareja de adjetivos correlaciona con los percentiles  $L_{A50}$  y  $L_{A90}$ , considerados como nivel medio y ruido de fondo. En un entorno urbano, en general, el conjunto de sonidos dominantes está formado por tráfico, que puede ser un ruido de fondo sobre el que destacarían algunos sonidos. Puede considerarse entonces como un conjunto de sonidos estable, por la dominancia del ruido de tráfico, en el que sobresalen otros sonidos diferentes. Este ítem

tiene signo negativo en la tercera dimensión, lo que indicaría que a más dominancia/familiaridad, menos estable es el paisaje sonoro percibido (o más variable). Este análisis nos lleva a pensar que esta pareja de adjetivos tiene mucha más relación con la segunda dimensión analizada, actividad/ excitación, razón por la cual, la contribución de este ítem no va a tenerse en cuenta en la tercera dimensión del paisaje sonoro en Cáceres.

La percepción de entorno sonoro nítido-confuso, ítem 4, no presenta correlaciones significativas con las variables objetivas propuestas en el estudio. Esta pareja se encuentra relacionada con la percepción de estable-variable, en el sentido de que en un conjunto de sonidos considerado estable pueden percibirse de manera nítida los distintos sonidos, no ocurriendo así en un conjunto de sonidos variable en el que, frecuentemente, pueden confundirse unos con otros. Esta pareja de adjetivos está relacionada tanto con la claridad como con la comunicación indicada por Kang [30,40].

## **2.4. CONCLUSIONES**

En este capítulo hemos analizado la percepción del entorno sonoro que tienen los usuarios en 26 calle de la ciudad de Cáceres. Para ello, se ha desarrollado un estudio de diferencias semánticas, compuesto por ocho parejas de adjetivos contrapuestos que describen el paisaje sonoro, que han sido valoradas los encuestados. De los análisis realizados extraemos las siguientes conclusiones:

Las parejas de adjetivos que indican agradabilidad están relacionadas con el uso y el tipo de las calles de la ciudad. Así, las valoraciones de los adjetivos agradable-desagradable, relajante-estresante, apropiado-inapropiado y natural-artificial disminuyen a medida que las calles son más tranquilas. Esto quiere decir que, la evaluación de los encuestados tiende hacia la parte positiva de los adjetivos contrapuestos conforme aumenta la categoría de calle. Para el resto de adjetivos, algunos de los cuales indican actividad, contenido espectral o dominancia, las

valoraciones otorgadas por los encuestados son independientes del uso y el tipo de calles, siendo muy similares, o incluso mayores, a medida que las calles son más tranquilas.

Las valoraciones otorgadas por los ciudadanos a las parejas de adjetivos que describen el paisaje sonoro, han sido agrupadas por las categorías de calles 1-2-3 y 4-5 del método de categorización [92]. La distribución de valores muestra una tendencia hacia los valores altos en las parejas que indican agradabilidad, agradable-desagradable, relajante-estresante, apropiado-inapropiado y natural-artificial, al pasar del grupo de categorías 4-5, las menos ruidosas, al grupo de categorías 1-2-3, las más ruidosas, no siendo tan evidente esta tendencia en las parejas de adjetivos esperado-inesperado, estable-variable, nítido-confuso. La pareja grave-agudo, que indica contenido espectral, muestra una tendencia inversa, con una disminución de los valores altos al pasar del grupo de categorías de calles más ruidosas, 4-5, al grupo de categoría de calles más ruidosas, 1-2-3, indicándonos que los entornos más ruidosos se consideran más graves.

El análisis de correlaciones de Pearson muestra que, las valoraciones de las parejas que indican agradabilidad, agradable-desagradable, relajante-estresante, apropiado-inapropiado y natural-artificial, correlacionan con el indicador sonoro  $L_{A50}$  (dB). Este percentil, que usualmente es considerado como nivel medio, se plantea como un buen predictor para conocer la situación acústica de un entorno. Además, es importante destacar que cuando funciona bien el indicador percentil 50, también funciona bien el indicador nivel sonoro equivalente sin ponderar,  $L_{eq}$  (dB).

En este capítulo podemos concluir también que actuar sobre el espectro sonoro tiene consecuencias en las valoraciones del paisaje sonoro. El análisis de la pareja de adjetivos grave-agudo, elegida en este estudio por su componente espectral, muestra correlación negativa con el indicador  $L_{eq}$  (dB). Esto quiere decir que los encuestados perciben un ambiente con más tráfico, que generalmente se compone de bajas frecuencias, como más ruidoso y más deteriorado. Sucede al contrario con los entornos menos ruidosos, en el que las valoraciones tienden hacia las altas frecuencias y los niveles sonoros  $L_{eq}$  (dB) son menores.



Del análisis de componentes principales obtenemos tres dimensiones (Tabla 2.10):

1. Evaluación emocional/ agrado-molestia

Esta dimensión estará formada por las parejas de adjetivos relajante-estresante, agradable-desagradable, natural-artificial y apropiado-inapropiado. Se ha descartado la pareja grave-agudo.

2. Actividad/excitación

Esta dimensión estará formada por las parejas de adjetivos grave-agudo, esperado-inesperado, estable-variable.

3. Dominancia/familiaridad

Esta dimensión estará formada por las parejas de adjetivos esperado-inesperado y nítido-confuso. Se ha descartado la pareja estable-variable.

<b>Evaluación emocional/agrado-molestia</b>	<b>Actividad/excitación</b>	<b>Dominancia/familiaridad</b>
Relajante-estresante	Grave-agudo	Nítido-confuso
Agradable-desagradable	Esperado-inesperado	Esperado-inesperado
natural-artificial	Estable-variable	
apropiado-inapropiado		

Tabla 2.10.- Dimensiones del paisaje sonoro de Cáceres extraídas con Análisis de Componentes Principales

La primera dimensión queda perfectamente definida por los adjetivos que indican agradabilidad. La segunda y la tercera dimensión comparten una pareja de adjetivos, esperado-inesperado. Pensamos que un paisaje sonoro inesperado, con actividades que no son comunes en el entorno en cuestión, puede resultarnos excitante. Pero, si las actividades dentro del entorno son siempre las mismas, con

dominancia de determinados sonidos, ese paisaje sonoro es valorado como esperado por los ciudadanos, ya que normalmente están familiarizados con el mismo.

En este estudio se han evaluado nuevas parejas de adjetivos, como son nítido-confuso y apropiado-inapropiado, con valoraciones suficientes como para estar presentes en alguna de las dimensiones de este estudio. La primera de ellas, nítido-confuso forma parte de la dimensión dominancia-familiaridad. La otra, apropiado-inapropiado, forma parte de la dimensión evaluación emocional/agrado-molestia y además correlaciona con los indicadores  $L_{Aeq}$  (dB) y  $L_{A50}$  (dB). Esta pareja podría interpretarse como una agrupación de otras presentes en los diferentes estudios aquí referenciados, como son interesante-aburrido y diferente-usual, funcionando de la misma manera, o incluso mejor, como descriptor del paisaje sonoro a la hora de ser valorada por los encuestados.

# **CAPÍTULO 3**

## **EL RUIDO COMO FACTOR DE INFLUENCIA EN LA PERCEPCIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LAS PERSONAS EN ENTORNOS VERDES URBANOS.**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

Para tener una visión general de la percepción en los entornos urbanos, es necesario evaluar la situación en todos los lugares que los componen.

Así, en el capítulo uno de esta Tesis se ha analizado la percepción del paisaje sonoro en tres entornos, con diferentes características, dentro de la ciudad de Villanueva de la Serena, en Extremadura: el primero, una plaza peatonal en el que se desarrollan actividades sociales y de ocio de la población; el segundo, una calle peatonal con un marcado carácter comercial; y el tercero, una calle con tráfico rodado en el que se desarrolla gran parte del comercio de la ciudad. Todos ellos tienen una característica común: son estrictamente urbanos, es decir, no existe una zona delimitada de vegetación, por lo que se introdujeron sonidos, principalmente naturales, para tratar de modificar la percepción de los ciudadanos. A continuación, en el capítulo dos, se han estudiado las sensaciones que producen en los ciudadanos 8 parejas de adjetivos contrapuestos que describen el paisaje sonoro de 26 calles de la ciudad de Cáceres, todas ellas con tráfico.

Ahora bien, más allá de las zonas estrictamente urbanas, en las ciudades existen espacios o áreas verdes, que son elegidos por las personas para dar un paseo, hacer deporte, sentarse en un banco a leer o, simplemente, interactuar con otras personas.

Diferentes estudios [144-146] indican que cada vez son mayores los beneficios económicos, sociales y ambientales que generan este tipo de entornos en las ciudades, afectando de manera positiva al bienestar y a la salud humana. Tanto es así que, en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas [147] se introdujo el objetivo “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, con las metas, entre otras, de proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, reducir el impacto ambiental negativo per capita de las ciudades y apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre zonas urbanas, periurbanas y rurales. Para alcanzar este objetivo es fundamental entender los espacios verdes, ya sean urbanos, periurbanos o rurales, como elementos de la ciudad que aportan bienestar ambiental, ecológico, social, económico, así como vitalidad y salud.

En este sentido, conocer la percepción, en especial la percepción del ruido urbano, que tienen los usuarios de las características de este tipo de espacios se ha convertido en imprescindible para los planificadores urbanísticos. Desde el punto de vista económico, las áreas verdes aumentan el atractivo de una ciudad, convirtiéndola en un destino turístico, generando ingresos y empleo [148] y aumentando el valor de las propiedades cercanas a ellas [149]. Desde el punto de vista social, los espacios verdes procuran la relajación, permiten la interacción social y promueven la actividad física [150-152], mejorando el estilo de vida, la salud y el estrés de los ciudadanos [153-155]. Respecto del punto de vista ambiental, los espacios verdes reducen la contaminación aire [156,157], mantiene la biodiversidad en la ciudades [158,159] y compensan el impacto de las islas de calor urbano que, debido al continuo desarrollo urbano y al cambio climático, son las ciudades [160-162], incluso reduciendo el estrés térmico a la mitad con un 30-40% de cobertura de zonas verdes [163]. De ahí que, los espacios verdes tengan que considerarse como un bien público y su disponibilidad sea un indicador básico para conseguir un perfil de ciudad sostenible [164], convirtiéndolos en una herramienta única para garantizar unas mejores condiciones de salud y vida en las personas, mejorar la habitabilidad en las ciudades y colaborar en la mejora ambiental del planeta.

La contaminación acústica está considerada por la Organización Mundial de la Salud [88] como la segunda causa de impacto en la salud de las personas, solo por detrás de la contaminación atmosférica. La gestión de áreas tranquilas es uno de los objetivos principales para la Comisión Europea respecto de las políticas de gestión y evaluación del ruido ambiental [94]. La funcionalidad y las capacidades de mejorar el bienestar de los ciudadanos dependen, en gran medida, de las características de este tipo de entornos [165]. Como ya hemos indicado anteriormente, existen estudios recientes que relacionan algunas de esas características con los beneficios que consiguen [146,150]. No obstante, son pocas las investigaciones que analizan la contribución relativa de las características de las zonas verdes a la evaluación global de su funcionalidad.

En este capítulo se han evaluado las características de diferentes espacios verdes de la ciudad de Cáceres a través de la percepción que tienen las personas que los usan. A partir de estas, se han analizado las relaciones con respecto a la satisfacción global de este tipo de espacios. Como se ha indicado anteriormente en este trabajo, la valoración global de las características de un entorno, en concreto en este capítulo se trata de los espacios verdes urbanos, son sumamente importantes a la hora de gestionar cualquier ciudad. De esta manera, el análisis de los indicadores llevado a cabo, está claramente orientado hacia la sostenibilidad local [164]. Además, se ha evaluado la satisfacción del ruido, esto es, la molestia percibida de fuentes de ruido y los efectos que causaban en la actitud de los usuarios de las zonas verdes elegidas. Por último, la satisfacción con las características de los espacios verdes, la percepción de molestia y los efectos del ruido fueron relacionados con las actividades llevadas a cabo en este tipo de espacios.

## 3.2. METODOLOGÍA

### 3.2.1. Área de estudio

El estudio fue llevado a cabo en siete espacios verdes de la ciudad de Cáceres. Cáceres es una de las ciudades españolas con mayor proporción de zonas verdes, en torno a 16,6 m<sup>2</sup> por habitantes. Este valor es superior al rango de 10-15 m<sup>2</sup> por habitante que recomienda la Organización Mundial de la Salud [166]. En la Figura 3.1 se muestran las áreas verdes elegidas: Cánovas, Parque del Príncipe, Parque Valhondo, Parque Fernando Turégano, Parque Fray Pacífico, Parque del Perú y Parque del Rodeo.



Figura 3.1. Mapa de la ciudad de Cáceres con las zonas verdes elegidas (Google Earth)

En cada uno de los espacios verdes se realizaron encuestas y mediciones sonoras.

Los espacios fueron elegidos según su situación en la ciudad, según su tamaño y según el año de construcción, todos construidos antes de 2002. Estas áreas son frecuentemente visitadas por los ciudadanos de la ciudad, siendo representativas de cada uno de los barrios a los que pertenecen. Los parques Perú, Fray Pacífico, Cánovas, Valhondo y Fernando Turégano tienen una superficie que oscila entre 1.5 y 3 hm<sup>2</sup>. El parque del Rodeo y del Príncipe tienen una superficie que oscila entre 10.6 y 22 hm<sup>2</sup> respectivamente. Así, todos los espacios verdes elegidos tienen un tamaño apto para la realización de las actividades que posteriormente se iban a analizar en las encuestas.

### **3.2.2. Proceso de encuestado**

Se realizó un proceso de encuestado in situ, en los siete espacios verdes, durante el año 2014. Las personas eran elegidas de manera aleatoria por los encuestadores. Antes de cada encuesta se le informaba a los encuestados de los objetivos del estudio y del tiempo que duraba el cuestionario. Se realizaron un total de 182 encuestas distribuidos de según el distrito, los puntos de muestreo, el tamaño del espacio verde y el número de visitantes. Se alcanzó un porcentaje de encuestados similar al de otros estudios [152,165], con capacidad suficiente para realizar estudios estadísticos [166]. La muestra representaba las características sociodemográficas de los habitantes de la ciudad de Cáceres (Tabla 3.1). En la actividad principal realizada en los espacios verdes se indica el porcentaje de las muestras cuya actividad se realizaba “a menudo” o “muy a menudo”.

En cada uno de los espacios verdes, los sitios más frecuentados por los visitantes eran los elegidos para llevar a cabo, de manera simultánea, las encuestas y las mediciones sonoras.

<b>Variable</b>	<b>Muestra (%)</b>	<b>Cáceres (%) (INE, 2015)</b>
<b>Edad (años)</b>		
<b>18-25</b>	17.0	9.8
<b>26-35</b>	15.4	17.8
<b>36-45</b>	23.6	20.8
<b>46-55</b>	12.1	20.0
<b>56-65</b>	11.0	13.7
<b>&gt;66 años</b>	20.9	17.9
<b>Sexo</b>		
<b>Hombres</b>	47.3	48.2
<b>Mujeres</b>	52.7	51.8
<b>Educación</b>		
<b>Sin estudios</b>	8.1	8.8
<b>Primarios</b>	37.5	35.2
<b>Instituto</b>	24.5	25.3
<b>Universidad</b>	29.9	30.8
<b>Actividad laboral</b>		
<b>Empleado</b>	41.8	40.9
<b>Desempleado</b>	15.4	14.2
<b>Jubilado</b>	17.0	16.4
<b>Ama de casa</b>	16.5	7.5
<b>Estudiante</b>	9.3	21.0
<b>Actividad principal en el espacio verde</b>		
<b>Leer</b>	3.3	
<b>Llevar a los niños</b>	20.9	
<b>Relajación</b>	25.3	
<b>Ejercicio</b>	25.3	
<b>Andar</b>	60.4	
<b>Hablar</b>	54.9	

Tabla 3.1. Características sociodemográficas y usos de los espacios verdes

Las encuestas estaba dividida en tres partes: La primera, compuesta por 12 variables, evaluaba la satisfacción global con los espacios; la segunda, compuesta por



8 variables, evaluaba las molestias del ruido; la tercera evaluaba, compuesta por 14 variables, evaluaba los efectos del ruido. Las variables se evaluaron según una escala de Likert de 5 puntos, desde 0 (nunca) hasta 4 (muy a menudo). Además, las variables de cada una de las partes presentan un Alfa de Cronbach superior a 0.7 entre ellas, lo que indica una buena consistencia del estudio [167]

En la primera parte se analizó la satisfacción con las características de los espacios verdes. Las variables que componían esta parte son: limpieza, aire, ruidos, estética, seguridad, usuarios, conservación, localización, tamaño, árboles y satisfacción global, todas ellas elegidas por su relación con los aspectos económicos y con los beneficios sociales y ambientales [168,169] destacados en la introducción de este capítulo. Por ejemplo, la limpieza, la estética y la conservación junto con los árboles tienen influencia en la valoración visual y en la valoración global de los espacios verdes. Pero además, pueden influir en la valoración de otro tipo de características ambientales, como por ejemplo el ruido [170]. En la satisfacción global hay que considerar también características de diseño y sociales, como la seguridad o la localización del espacio. Ya conocemos que los espacios verdes influyen significativamente en los hábitos saludables [146,150], pero hay que tener en cuenta que características como la seguridad pueden influir en la experiencia de los usuarios de este tipo de entornos, y por tanto, en la valoración que los otorgan [171].

En esta investigación, la parte de satisfacción global ha sido comparada con un estudio similar que se realizó entre los años 2007 y 2008 en los mismos parques. El procedimiento de muestro fue muy similar, con la realización de 234 encuestas. En aquellos momentos, el ruido era una de las características ambientales de menor satisfacción, por lo que era indispensable analizarlo concienzudamente, añadiendo a este nuevo estudio las componentes molestia del ruido y efectos del ruido.

En la parte de molestia del ruido, los usuarios de los espacios verdes urbano elegidos valoraban la molestia a las principales fuentes sonoras presentes en ellos, como el ruido de tráfico y aquellas que tienen origen antropogénico, como las voces, los niños, las obras o el mantenimiento de las zonas [172,173]. Se analizaron también

las fuentes sonoras agua y animales, características ampliamente reconocidas en estos espacios urbano [174].

En la parte de efectos del ruido, los encuestados valoraron aspectos como la irritabilidad, la ansiedad, la desorientación, el miedo y el dolor de oídos, todas ellas relacionadas con la frecuencia de los efectos en la salud producidos por el ruido. Además, se les preguntaba por la frecuencia con la que el ruido les perturbaba cuando estaban leyendo, caminando, haciendo ejercicio, hablando y relajándose, todas estas actividades realizadas en este tipo de espacios urbanos. Por último, los encuestados evaluaban acciones que les inducía el ruido, como incrementar el volumen del habla, pausar la conversación, abandonar el lugar y abandonar el espacio verde.

Al final de la encuesta, se recogían datos sociodemográficos y de uso del espacio verde urbano.

### **3.2.3. Obtención de datos acústicos**

La campaña de medidas se llevó a cabo entre las 10:00 horas y las 21:00 horas, durante días laborables y fines de semana. Los niveles sonoros fueron medidos mediante un sonómetro de clase 1 y con un sistema de grabación binaural. Los índices sonoros registrados con el sonómetro fueron  $L_{Aeq}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{Amin}$ ,  $L_{A1}$ ,  $L_{A5}$ ,  $L_{A10}$ ,  $L_{A90}$ ,  $L_{A95}$ ,  $L_{A99}$ ,  $L_{Cpeak}$ . Con la grabadora binaural se registraron  $L_{Aeq}$ ,  $L_{eq}$ . Además, de estas grabaciones se obtuvieron distintos indicadores psicoacústicos como sonoridad y agudeza.

Las medidas se realizaron siguiendo las indicaciones de la ISO 1996-2 [176], situando el micrófono a una altura de 1.5 m. En cada punto de muestreo se realizó una medición de 10 minutos de duración cada vez que se llevaba a cabo una encuesta.

### **3.2.4. Análisis estadístico**

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de las valoraciones medias otorgadas por los usuarios a las variables registradas en el estudio, mostrando la percepción que los usuarios tenían de los espacios verdes urbanos elegidos. Además, en el caso de la satisfacción global, las valoraciones medias se compararon, mediante una prueba no paramétrica de Mann-Whitney, con el estudio similar realizado entre los años 2007 y 2008. También se desarrolló un análisis de clúster usando el método de Ward con la medida de chi-cuadrado.

A continuación, se analizaron las relaciones entre los distintos ítems registrados en el estudio. Dentro de cada una de las partes que componen la investigación, se analizó la relación de las variables con la valoración global de satisfacción o de molestia al ruido. Se utilizaron correlaciones bivariadas y parciales mediante la prueba Tau-b de Kendall. Las correlaciones parciales muestran la relación que guardan dos variables controlando los posibles efectos del resto de variables que forman la misma parte o componente del estudio. En el caso de la satisfacción, se construyó un modelo de regresión logística multinomial partiendo de las variables que mostraban relación con la valoración global. La selección de las variables para modelo de regresión se estimó según el método stepwise, es decir, paso a paso. Así, se evitaron colinealidades entre variables que guardan alta relación, seleccionando solo aquellas que contribuían de manera significativa a la explicación de la variabilidad del modelo. Los valores medios de las valoraciones subjetivas otorgadas al ruido se relacionaron con los niveles de los indicadores sonoros registrados mediante un análisis de correlación de Spearman.

Para finalizar, se analizó la correlación entre las variables registradas en las tres partes del estudio con las características sociodemográficas y el uso de los espacios verdes urbanos mediante la prueba Tau-b de Kendall.

### 3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.3.1. Satisfacción con los espacios verdes urbanos

En primer lugar, se ha evaluado el nivel de satisfacción con los espacios verdes urbanos. En la Tabla 3.2 se muestra el nivel medio de satisfacción con las características de los espacios verdes urbanos indicadas en el apartado 3.2.2 de este Capítulo. Además, se muestra el resultado del análisis de la significación en las diferencias de los valores medios de satisfacción entre los años 2007-2008 y 2014, así como las correlaciones bivariadas entre las características y la satisfacción general de los espacios verdes urbanos.

Características	Nivel de satisfacción (0-4)				p-valor <sup>a</sup>	Correlación con la satisfacción global en 2014 R <sup>b</sup>
	2007-2008		2014			
	Media	Mediana	Media	Mediana		
Limpieza	2.9	3	3.0	3	> 0.05	0.37***
Aire	2.6	3	2.7	3	> 0.05	0.40***
Ruido	2.4	3	2.4	2	> 0.05	0.42***
Estética	2.9	3	3.2	3	< 0.001	0.34***
Seguridad	2.5	3	3.5	4	< 0.001	0.21**
Usuario	2.6	3	3.0	3	< 0.001	0.22***
Conservación	2.9	3	3.2	3	< 0.001	0.32***
Localización	3.0	3	3.7	4	< 0.001	0.16*
Tamaño	3.0	3	3.6	4	< 0.001	0.25***
Sombras	2.1	2	3.2	3	< 0.001	0.30***
Arboleda	2.2	2	3.2	3	< 0.001	0.28***
Global	3.0	3	3.1	3	> 0.05	—

<sup>a</sup> Test Mann-Whitney

<sup>b</sup> Coeficiente de correlación de Kendall (Tau-b).

\* Significante a p-valor  $\leq 0.05$ .

\*\* Significante a p-valor  $\leq 0.01$ .

\*\*\* Significante a p-valor  $\leq 0.001$ .

Tabla 3.2. Nivel medio de satisfacción a las características de los espacios verdes urbanos, análisis de significación en las diferencias de los valores medios de satisfacción entre los años 2007-2008 y 2008 correlación bivariada entre la satisfacción global y los espacios verdes urbanos en 2014.

En general, comparando los valores medios de 2007-2008 y 2014, existe una mejora en la percepción de casi todas las características de los espacios verdes urbanos, incluso con valoraciones un punto por encima, como es el caso de las características seguridad, sombras y arboledas.

Las mayores valoraciones las consiguen las características localización y tamaño, con 3,7 y 3,6 puntos respectivamente sobre una escala de 4 puntos. La percepción de estas características mejora respecto al estudio de 2007-2008, probablemente debido a la mejora de las opciones de uso al haber incluido zonas recreativas en los espacios verdes urbanos estudiados, al crecimiento de la población en los barrios periféricos y a la facilidad de acceso a los mismos para los habitantes de la ciudad.

La satisfacción media con las variables sombras y arboleda también ha aumentado significativamente respecto del estudio de 2007-2008, seguramente debido al aumento de la frondosidad de los árboles por el paso de los años. La presencia de fuentes de agua, que incluyen un sonido natural, y al aumento de los servicios de jardinería y limpieza, también han contribuido al aumento de la satisfacción media de las características estética, limpieza y conservación.

Es interesante analizar el aumento de valoración para la característica seguridad en los espacios verdes urbanos elegidos. Antes del estudio de 2007-2008 se produjeron algunos altercados en estas zonas, por lo que el Ayuntamiento de Cáceres decidió limitar acceso estableciendo unos horarios de apertura y cierre. Además, fijó unas normas de convivencia y decidió aumentar la seguridad en todos los parques de la ciudad. Todo esto ha afectado positivamente a la sensación de seguridad en los parques, con una valoración media, en 2014, un punto superior que en el anterior estudio.

Sin embargo, la valoración de los aspectos que tienen que ver con la contaminación ambiental casi no ha variado. La satisfacción de los encuestados con las características calidad del aire y ausencia de ruido no muestran diferencias significativas entre el estudio de 2007-2008 y el de 2014. La valoración media para la

ausencia de ruido es significativamente menor que la valoración media a la calidad del aire ( $p$ -valor  $< 0.01$ ). Estas dos características forman un grupo independiente en el análisis de clúster jerárquico de la Figura 3.2.

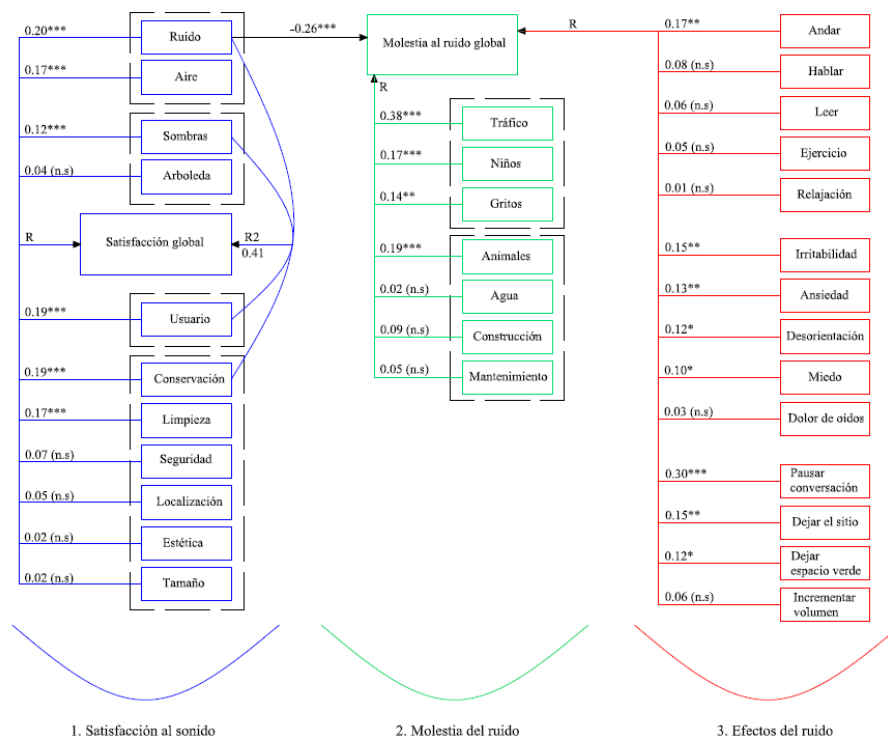


Figura 3.2. Mapas conceptuales de los clústeres jerárquicos y relaciones (coeficiente de correlación de Kendall R; Coeficiente de determinación de Mc-Fadden  $R^2$ ) entre las variables de la satisfacción, molestia del ruido y los efectos del ruido. . \*Significativo a  $p$ -valor  $\leq 0.05$ ; \*\*Significativo a  $p$ -valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\*Significativo a  $p$ -valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

A continuación, en este trabajo se analizó en qué medida las características evaluadas son importantes para los usuarios de los espacios verdes urbanos para poder otorgar una valoración global del espacio verde. El resultado es concluyente: Todas las características analizadas en esta investigación presentan una influencia significativa sobre la satisfacción global. Podemos afirmar, sin lugar a dudas, que la satisfacción de los usuarios con cada característica del espacio verde urbano contribuye a aumentar la satisfacción global, al menos en los entornos estudiados en Cáceres. Resulta de interés que las características relacionadas con la contaminación ambiental, ruidos y aire, son los que guardan una mayor correlación positiva con respecto a la satisfacción global del espacio verde. En segundo lugar nos encontramos

con la limpieza, la estética y la conservación, características relacionadas con el cuidado y el diseño del espacio verde.

En la búsqueda de las relaciones entre las características del espacio verde urbano y la satisfacción global del espacio verde urbano, se observó que algunas de las características presentaban una distribución similar con respecto a las valoraciones otorgadas por los usuarios, por lo que éstos podrían estar estableciendo relaciones entre las distintas características. Es por esto que, en este estudio, también se realizó un análisis de correlación parcial, tratando así de eliminar la influencia que pudieran tener el resto de características en el análisis bivalente. Como se muestra en el análisis de clúster jerárquico de la Figura 3.2, se diferenciaron 4 grupos: aire-ruido, sombras-arboleda, usuarios y conservación-limpieza-seguridad-localización-estética-tamaño. El ruido es la característica que presenta un mayor coeficiente de correlación parcial con la satisfacción global en los espacios verdes urbanos, también por encima del aire. Posiblemente el hecho de que la satisfacción a la ausencia de ruido no haya aumentado en el intervalo de tiempo entre los dos estudios, el de 2007-2008 y el de 2014, influya en que no se observe una variación significativa de la satisfacción global de los espacios verdes urbanos. Además, en la Figura 3.2 se observa que las variables con mayor valoración media, seguridad, localización, estética, tamaño son las que no tienen correlación significativa con el resto de características.

Con la finalidad de analizar en qué medida estas características estudiadas tienen la capacidad de explicar, en su conjunto, la percepción global de las personas que usan las áreas verdes urbanas, a continuación se ha llevado a cabo el análisis de regresión logística multinomial de las Tablas 3.3 y 3.4. Según el resultado de la prueba de verosimilitud, las características ruido, sombras, usuario y conservación son las únicas que contribuyen significativamente en la explicación de la variabilidad global del modelo de regresión (Tabla 3.3). Éstas son las características que mayor correlación parcial presentaban en el análisis de clúster de la Figura 3.2. En este estudio, la regresión logística multinomial generada tiene una excelente calidad de ajuste, presentando un valor de R cuadrado de Mc-Fadden de 0.41, superior al 0.40 considerado por Fernández y Fernández [177]

	Satisfacción global <sup>a</sup>							
	Valor = 0		Valor = 1		Valor = 2		Valor = 3	
	B <sup>b</sup>	p-valor <sup>c</sup>	B <sup>b</sup>	p-valor <sup>c</sup>	B <sup>b</sup>	p-valor <sup>c</sup>	B <sup>b</sup>	P-valor <sup>c</sup>
Intercept.	-23.3	> 0.05	-55.2	> 0.05	-36.7	> 0.05	-2.6	< 0.001
Ruido = 0	17.8	> 0.05	116.9	> 0.05	49.5	> 0.05	1.8	> 0.05
Ruido = 1	2.1	> 0.05	44.7	> 0.05	16.1	> 0.05	3.3	< 0.01
Ruido = 2	-0.8	> 0.05	54.1	> 0.05	14.8	> 0.05	2.3	< 0.001
Ruido = 3	5.1	> 0.05	41.8	> 0.05	-3.8	> 0.05	1.5	< 0.05
Ruido = 4	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–
Usuario = 0	15.2	> 0.05	0.1	> 0.05	24.9	> 0.05	13.4	> 0.05
Usuario = 1	1.9	> 0.05	-57.1	> 0.05	2.8	> 0.05	2.2	< 0.01
Usuario = 2	8.9	> 0.05	-15.4	> 0.05	3.0	< 0.05	1.3	< 0.05
Usuario = 3	0.7	> 0.05	-8.9	> 0.05	1.7	> 0.05	1.1	< 0.05
Usuario = 4	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–
Conservación = 2	11.4	> 0.05	65.2	> 0.05	37.2	> 0.05	15.4	> 0.05
Conservación = 3	1.2	> 0.05	-0.1	> 0.05	19.2	> 0.05	0.7	< 0.05
Conservación = 4	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–
Sombras = 1	11.4	> 0.05	16.4	> 0.05	17.5	> 0.05	-1.9	> 0.05
Sombras = 2	0.7	> 0.05	-47.9	> 0.05	0.7	> 0.05	0.2	> 0.05
Sombras = 3	7.6	> 0.05	-38.7	> 0.05	0.5	> 0.05	0.4	< 0.05
Sombras = 4	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–	0 <sup>d</sup>	–

<sup>a</sup> Categoría de referencia: 4

<sup>b</sup> Coeficientes de regresión

<sup>c</sup> prueba de Wald

<sup>d</sup> Parámetro redundante

Tabla 3.3. Estimación de los parámetros en la regresión logística multinomial

Observado	Predicción					Porcentaje correcto
	0	1	2	3	4	
0	0	0	0	1	0	0%
1	0	1	1	1	1	25.0%
2	0	0	17	5	0	77.3%
3	0	0	2	74	19	77.9%
4	0	0	0	22	38	63.3%
<b>Porcentaje global</b>	0%	0.5%	11.0%	56.6%	31.9%	71.4%

Tabla 3.4. Porcentaje de predicción de la regresión logística multinomial



Como se muestra en la Tabla 3.4, el porcentaje de predicción de este estudio de regresión multinomial es 71.4%. El 97.3% de las respuestas de los encuestados se otorgan a los valores 2, 3 y 4. El modelo multivariante de la Tabla 2.4 predice estos valores en un 77.3% para la valoración 2, en un 77.9% para la valoración 3 y en un 63.3% para la valoración 4.

En este estudio estadístico se puede determinar que la ausencia de ruido es la característica ambiental que individualmente presenta mayor correlación con la satisfacción global de las personas por los espacios verdes urbanos de la ciudad de Cáceres. El ruido, junto con las características sombras, usuarios y conservación predicen el 71.4% de la valoración global.

### **3.3.2. Molestia y efectos del ruido**

En general, la molestia y los efectos del ruido son bajos en los espacios verdes urbanos estudiados. El tráfico rodado y algunos de los sonidos producidos por los usuarios, como gritos o niños, son las fuentes sonoras que provocan mayor molestia. Con respecto a los efectos del ruido, las pausas en la conversación y los sustos son lo que se producen con mayor frecuencia. Los coeficientes de correlación de Tau-b de Kendall se muestran en la Tabla 3.5.

El grado de molestia a las diferentes fuentes sonoras muestra una correlación positiva con la molestia global al ruido. Del mismo modo, la molestia global al ruido muestra correlación significativa con la frecuencia de la mayoría de los efectos causados por el ruido. Sin embargo, la sensibilidad al ruido presenta menor grado de correlación con los ítems evaluados. Además, la sensibilidad al ruido no presenta correlaciones con el ruido de tráfico o con los niños, consideradas fuentes sonoras muy molestas, y tampoco presenta correlación con efectos que se presentan con frecuencia, como el miedo.

	Molestia/Frecuencia (escala 0-4)		Correlación con la molestia global del ruido	Correlación con la sensibilidad al ruido
	Media	Mediana	R <sup>a</sup>	R <sup>a</sup>
<b>Fuentes sonoras</b>				
Construcción	0.4	0	0.23 <sup>***</sup>	0.22 <sup>***</sup>
Gritos	1.2	1	0.40 <sup>***</sup>	0.17 <sup>*</sup>
Animales	0.9	1	0.19 <sup>**</sup>	0.08 <sup>n.s.</sup>
Mantenimiento	0.7	0	0.17 <sup>**</sup>	0.20 <sup>**</sup>
Tráfico rodado	1.3	1	0.42 <sup>***</sup>	0.07 <sup>n.s.</sup>
Niños	1.1	1	0.32 <sup>***</sup>	0.07 <sup>n.s.</sup>
Agua	0.4	0	0.14 <sup>*</sup>	0.12 <sup>n.s.</sup>
Molestia global del ruido	1.3	1	–	0.21 <sup>**</sup>
<b>Actividades afectadas</b>				
Hablar	1.1	1	0.41 <sup>***</sup>	0.14 <sup>*</sup>
Leer	0.1	0	0.06 <sup>n.s.</sup>	0.03 <sup>n.s.</sup>
Relajación	0.6	0	0.28 <sup>***</sup>	0.12 <sup>n.s.</sup>
Caminar	0.8	1	0.41 <sup>***</sup>	0.17 <sup>*</sup>
Ejercicio	0.3	0	0.10 <sup>n.s.</sup>	0.03 <sup>n.s.</sup>
<b>Efectos</b>				
Irritabilidad	0.6	0	0.36 <sup>***</sup>	0.32 <sup>***</sup>
Ansiedad	0.1	0	0.16 <sup>*</sup>	0.24 <sup>**</sup>
Desorientación	0.1	0	0.19 <sup>**</sup>	0.19 <sup>*</sup>
Miedo	1.1	1	0.33 <sup>***</sup>	0.14 <sup>n.s.</sup>
Dolor en los oídos	0.4	0	0.31 <sup>***</sup>	0.31 <sup>***</sup>
<b>Acciones</b>				
Incrementar el volumen	0.3	0	0.02 <sup>n.s.</sup>	-0.02 <sup>n.s.</sup>
Pausar la conversación	1.2	1	0.49 <sup>***</sup>	0.17 <sup>*</sup>
Dejar el lugar	0.5	0	0.18 <sup>**</sup>	0.20 <sup>**</sup>
Dejar el espacio verde	0.1	0	0.17 <sup>*</sup>	0.14 <sup>n.s.</sup>

Tabla 3.5. Nivel medio de molestia a las fuentes sonoras presentes en los espacios verdes urbanos y nivel medio de la frecuencia de los efectos del ruido sobre los usuarios. \*Significativo a p-valor  $\leq 0.05$ ; \*\*Significativo a p-valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\*Significativo a p-valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

Por tanto, al igual que ocurría en el Capítulo 1 de esta Tesis, en el que se evaluaban otros tipos de entornos dentro de una ciudad, la fuente de tráfico rodado es la que presenta mayor molestia y la que tiene mayor relación con la molestia global. También es relevante la molestia que genera en estos entornos el ruido producido por los usuarios, como niños o gritos. Esto sucede también en entornos con tráfico rodado

restringido [175,178,179]. Otras fuentes sonoras, entre ellas las fuentes de agua, mantenimiento o construcción, raramente producen molestia. Aunque, como hemos visto en el Capítulo 1 de esta Tesis, los sonidos de pájaros pueden mejorar la percepción del paisaje sonoro, en los entornos estudiados el sonido de animales predominante es el asociado a los ladridos de los perros, que generalmente tienen un efecto negativo en la percepción del entorno. Es por esto que, en el análisis del clúster formado por las fuentes sonoras animales-agua-construcción-mantenimiento de la Figura 3.2, la molestia de los animales es la única que presenta correlación parcial significativa con respecto a la molestia global ocasionada por el ruido.

En la Tabla 3.5 se muestra también que la molestia promedio indicada por los encuestados al conjunto de fuentes sonoras percibidas en los espacios verdes urbanos es similar a la molestia percibida por el tráfico rodado. La valoración de la molestia global es similar a la registrada en el casco histórico de Cáceres, con tráfico restringido [179]. El grado de correlación entre la molestia global y la molestia al tráfico rodado es el más elevado entre las fuentes sonoras analizadas y este no se vería incrementado significativamente en un modelo multivariante. A su vez, la molestia global también muestra correlación negativa la satisfacción a la ausencia de ruido (Figura 3.2).

Las valoraciones para las actividades afectadas, los efectos del ruido y las acciones realizadas por los usuarios para hacer frente al ruido ambiental oscilan entre 0.1 y 1.2 puntos (Tabla 3.5). Las actividades más afectadas son hablar y andar, que coinciden con las que más realizan los usuarios en los entornos verdes urbanos elegidos. Por eso, es lógico que la acción que más induce el ruido en los usuarios sea pausar la conversación. El susto y la irritabilidad son los efectos del ruido que más valoración tienen. Además, las actividades, acciones y efectos que ocurren con más frecuencia, son los que correlacionan significativamente con los efectos del ruido.

A continuación, en la Tabla 3.6 se analiza la relación de la molestia del ruido ocasionada por las fuentes sonoras y los efectos provocados por el ruido con los indicadores sonoros registrados durante las mediciones.

Indicadores acústicos	Molestia del ruido				Satisfacción	Efectos del ruido
	Animales	Tráfico rodado	Agua	Global	Ruido	Dejar el lugar
$L_{Cpeak}$	-0.18 <sup>n.s.</sup>	0.34 <sup>*</sup>	0.09 <sup>n.s.</sup>	0.19 <sup>n.s.</sup>	-0.33 <sup>*</sup>	0.08 <sup>n.s.</sup>
$L_{Amax}$	-0.08 <sup>n.s.</sup>	0.24 <sup>n.s.</sup>	0.13 <sup>n.s.</sup>	0.12 <sup>n.s.</sup>	-0.23 <sup>n.s.</sup>	0.11 <sup>n.s.</sup>
$L_{A1}$	-0.24 <sup>n.s.</sup>	0.36 <sup>*</sup>	0.12 <sup>n.s.</sup>	0.02 <sup>n.s.</sup>	-0.22 <sup>n.s.</sup>	0.11 <sup>n.s.</sup>
$L_{A5}$	-0.28 <sup>n.s.</sup>	0.35 <sup>*</sup>	0.18 <sup>n.s.</sup>	0.06 <sup>n.s.</sup>	-0.29 <sup>n.s.</sup>	0.09 <sup>n.s.</sup>
$L_{A10}$	-0.30 <sup>n.s.</sup>	0.33 <sup>*</sup>	0.20 <sup>n.s.</sup>	0.04 <sup>n.s.</sup>	-0.29 <sup>n.s.</sup>	0.11 <sup>n.s.</sup>
$L_{A50}$	-0.32 <sup>n.s.</sup>	0.25 <sup>n.s.</sup>	0.26 <sup>n.s.</sup>	0.05 <sup>n.s.</sup>	-0.25 <sup>n.s.</sup>	0.26 <sup>n.s.</sup>
$L_{A90}$	-0.20 <sup>n.s.</sup>	0.12 <sup>n.s.</sup>	0.37 <sup>*</sup>	0.10 <sup>n.s.</sup>	-0.21 <sup>n.s.</sup>	0.36 <sup>*</sup>
$L_{A95}$	-0.18 <sup>n.s.</sup>	0.11 <sup>n.s.</sup>	0.40 <sup>*</sup>	0.10 <sup>n.s.</sup>	-0.20 <sup>n.s.</sup>	0.37 <sup>*</sup>
$L_{A99}$	-0.16 <sup>n.s.</sup>	0.10 <sup>n.s.</sup>	0.42 <sup>*</sup>	0.10 <sup>n.s.</sup>	-0.19 <sup>n.s.</sup>	0.38 <sup>*</sup>
$L_{Amin}$	-0.10 <sup>n.s.</sup>	0.08 <sup>n.s.</sup>	0.45 <sup>**</sup>	0.09 <sup>n.s.</sup>	-0.19 <sup>n.s.</sup>	0.40 <sup>*</sup>
$L_{Aeq}$	-0.27 <sup>n.s.</sup>	0.29 <sup>n.s.</sup>	0.24 <sup>n.s.</sup>	0.01 <sup>n.s.</sup>	-0.26 <sup>n.s.</sup>	0.23 <sup>n.s.</sup>
$L_{eq}^b$	-0.42 <sup>*</sup>	0.60 <sup>***</sup>	0.09 <sup>n.s.</sup>	0.35 <sup>*</sup>	-0.63 <sup>***</sup>	0.10 <sup>n.s.</sup>
$L_{Aeq}^b$	-0.24 <sup>n.s.</sup>	0.32 <sup>n.s.</sup>	0.23 <sup>n.s.</sup>	0.16 <sup>n.s.</sup>	-0.50 <sup>**</sup>	0.21 <sup>n.s.</sup>
Sonoridad <sup>b</sup>	-0.20 <sup>n.s.</sup>	0.33 <sup>n.s.</sup>	0.25 <sup>n.s.</sup>	0.18 <sup>n.s.</sup>	-0.52 <sup>**</sup>	0.27 <sup>n.s.</sup>
Agudeza <sup>b</sup>	-0.03 <sup>n.s.</sup>	0.10 <sup>n.s.</sup>	0.47 <sup>**</sup>	0.17 <sup>n.s.</sup>	-0.09 <sup>n.s.</sup>	0.48 <sup>**</sup>

<sup>b</sup> recogidos con el dispositivo binaural

Tabla 3.6. Coeficientes de correlación de Spearman entre los datos de percepción del ruido y los indicadores acústicos. \*Significativo a p-valor  $\leq 0.05$ ; \*\*Significativo a p-valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\*Significativo a p-valor  $\leq 0.001$ ; <sup>n.s.</sup> no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

En este trabajo casi no se encontraron relaciones significativas entre los efectos provocados por el ruido y los niveles sonoros registrados durante el estudio. Solo para el efecto dejar el lugar, la correlación era significativa ( $p\text{-valor} \leq 0.05$ ) para los indicadores  $L_{A90}$ ,  $L_{A95}$ ,  $L_{A99}$  y  $L_{Amin}$ , todos ellos relacionados con el ruido de fondo. De manera similar, los indicadores que correlacionan de forma significativa con la molestia de la fuente de agua son  $L_{A90}$ ,  $L_{A95}$ ,  $L_{A99}$  y  $L_{Amin}$ . Un hecho similar se analizó en el Capítulo 1 de esta Tesis, en el que la fuente de agua introducida en el primero de los entornos estudiados, además de proporcionar mayores niveles sonoros, enmascaraba el resto de sonidos, introducidos o no introducidos. Este hecho también ha sido estudiado por Axelsson [180] y Hong [181], por lo que podemos pensar que, quizás el sonido de la fuente de agua no sea una alternativa para la mejora del

ambiente sonoro. Para estas dos variables anteriores, la acción de dejar el lugar y el efecto de molestia de la fuente de agua, se han encontrado relaciones significativas ( $p$ -valor  $\leq 0.01$ ) con la característica del sonido agudeza. Es probable que algunas características espectrales relacionadas con los sonidos de ruido de fondo, como pueden ser las fuentes de agua, puedan no ser adecuados en espacios verdes, al menos cuando se realizan algunas actividades para las que están diseñados.

El nivel sonoro equivalente,  $L_{eq}^b$ , (dB) registrado con el dispositivo binaural en los puntos de muestreo, correlaciona significativamente con la molestia del ruido producida por los animales con signo negativo ( $p$ -valor  $\leq 0.05$ ), con la molestia de ruido producida por el tráfico rodado ( $p$ -valor  $\leq 0.001$ ), con la satisfacción otorgada al ruido ( $p$ -valor  $\leq 0.001$ ), y de forma negativa con la percepción de los usuario de la molestia global ( $p$ -valor  $\leq 0.05$ ). Algo similar ocurría en el Capítulo 2 de esta Tesis, en el que el indicador nivel sonoro equivalente también explicaba mayor porcentaje de variabilidad con los descriptores del paisaje sonoro elegidos. También en estudios recientes [170, 182], este indicador explicaba mayor porcentaje de variabilidad que algunos indicadores psicoacústicos en la evaluación del paisaje sonoro. Además, en este estudio de percepción de espacios verdes urbanos, los indicadores nivel sonoro equivalente ponderado A,  $LA_{eq}^b$ , (dB), y la sonoridad recogidas con el dispositivo binaural, también presentan correlaciones altamente significativas ( $p$ -valor  $\leq 0.01$ ) con valor negativo con la molestia global al ruido. Que el nivel sonoro equivalente sin ponderar correlacione de la manera indicada con los diferentes ítems de la molestia del ruido, puede estar indicando la existencia de efectos sonoros asociados al espectro, que en cierto modo, se minimizan cuando el indicador es el nivel sonoro equivalente ponderado A. Estos resultados parecen indicar que el espectro es de gran importancia en los espacios verdes urbanos, en el que los efectos del ruido y los niveles sonoros son bajos. Esta circunstancia también se mostró en el Capítulo 1, en el que actuar sobre el espectro sonoro afectaba positivamente a la percepción de los usuarios de entornos urbanos peatonales, sociales o comerciales, consiguiendo repercutir en otro tipo de características no específicamente sonoras. Sin embargo, cuando el predominio

es de ruido de tráfico, actuar sobre el espectro sonoro no parecía tener efecto alguno en la percepción.

### **3.3.3. Relaciones entre las características personales y los usos del parque con los efectos del ruido y la satisfacción con el entorno.**

El estudio de las características sociodemográficas mostrado en la Tabla 3.7 puede ayudarnos a entender qué está pasando con algunas de las características de los espacios verdes urbanos que no son capaces de explicar las variables físicas. Aunque no hay una tendencia clara en la significación entre estas dos características [183], en este estudio se han encontrado algunas relaciones interesantes. Por ejemplo, se ha encontrado relación altamente significativa ( $p\text{-valor} \leq 0.001$ ) entre la molestia y la fuente sonora niños. Con mayor frecuencia, el género femenino es el que lleva a los niños al parque, por lo que, la proximidad a dicha fuente sonora hace que la perciban como más molesta. Esta fuente sonora correlaciona también con todos los usos de los espacios verdes urbanos, excepto con la relajación (Tabla 3.7).

Las personas con mayor edad son las que presentan una menor satisfacción por algunas de las características de los espacios verdes, como la limpieza y la seguridad, y una mayor molestia por determinadas fuentes sonoras, como la construcción, los gritos o los niños. La edad también correlaciona de forma positiva con la frecuencia de los efectos del ruido, en algunos casos como la irritabilidad, la ansiedad y el dolor en los oídos de manera muy significativa ( $p\text{-valor} \leq 0.001$ ). Estos resultados se encuentran en la línea de estudios recientes sobre la edad, el nivel de estudios y la ocupación [150,165,183].

El nivel de educación muestra correlación positiva con la satisfacción a las características de los espacios verdes y correlación negativa con la molestia a las fuentes sonoras y los efectos del ruido. Respecto del nivel de educación y los usos de los espacios verdes urbanos de la ciudad de Cáceres presentados en la Tabla 3.8, los resultados nos muestran que los usuarios que tienen mayor nivel de estudios son los que más utilizan los entornos verdes urbanos estudiados para hacer ejercicio. Son estos usuarios los que indican que con menor frecuencia les afecta el ruido en este tipo

EL RUIDO COMO FACTOR DE INFLUENCIA EN LA PERCEPCIÓN  
DE LA SATISFACCIÓN DE LAS PERSONAS EN ENTORNOS VERDES URBANOS

de entornos (Tabla 3.7). De esta manera, el tipo de uso de las áreas verdes urbanas está relacionado con la satisfacción con sus características y con la molestia y efectos del ruido, pudiendo ser relevantes en el diseño de este tipo de espacios.

Ítems	Características sociodemográficas					Uso de los espacios verdes urbanos						
	Edad	Sexo	Educación	Actividad laboral	Leer	Llevar a los niños	Relax	Ejercicio	Caminar	Hablar	Frecuencia diaria	Años viniendo
	R <sup>a</sup>	X <sup>2b</sup>	R <sup>a</sup>	X <sup>2b</sup>	R <sup>a</sup>							
Satisfacción												
Limpieza	-0.21***	—	0.19**	9.7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Aire	—	—	—	—	—	—	0.26***	—	—	—	—	—
Ruido	—	—	—	—	—	—	0.19**	—	—	—	—	—
Estética	—	—	—	—	—	—	0.18**	—	—	—	—	—
Seguridad	-0.24***	—	—	17.8**	—	—	-0.19**	—	—	—	-0.20**	-0.31***
Usuarios	—	—	—	—	—	0.15*	0.16*	-0.40***	0.22***	0.55***	0.23***	—
Conservación	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Localización	—	—	—	—	—	0.18*	—	—	—	—	—	—
Tamaño	—	—	—	—	—	—	—	0.16*	—	—	—	—
Sombras	—	—	—	12.2*	—	—	0.22***	0.21**	—	—	—	—
Arboleda	—	—	—	11.9*	—	—	0.19**	0.25***	—	—	—	—
Todas las características	-0.30***	—	0.14*	14.2**	—	—	—	—	—	—	—	—
Molestia fuentes sonoras												
Construcción	0.24***	—	-0.14*	—	—	—	—	—	—	—	0.31***	0.16*
Gritos	0.17**	—	—	—	—	—	—	-0.19**	—	0.17**	0.20**	—
Animales	—	—	-0.24***	—	0.15*	—	0.21***	—	0.22***	0.14*	—	—
Mantenimiento	0.29***	—	—	28.8**	—	—	—	—	0.14*	—	0.21***	—
Tráfico rodado	—	—	—	—	0.19**	—	0.19**	-0.15*	—	—	—	—
Niños	0.15**	9.6 <sup>c</sup>	—	—	—	0.29***	—	-0.16*	0.16*	0.17**	0.12*	0.20**
Agua	—	—	—	—	—	—	—	-0.15*	—	—	—	—
Global	0.28***	—	-0.16**	30.1*	—	—	0.15*	-0.21**	0.16**	—	0.12*	—
Frecuencia actividades afectadas												
Hablar	0.19***	—	-0.19**	18.8***	—	—	—	-0.34**	0.24***	0.38***	0.17**	0.25***
Leer	—	—	—	—	0.84***	—	0.17*	—	—	—	—	0.21**
Relax	—	—	—	—	0.19**	—	0.20**	-0.14*	0.17**	0.14*	—	0.18**
Caminar	0.31***	—	-0.26***	22.7***	—	—	0.15*	-0.23***	0.25***	0.20**	0.25***	—
Ejercicio	0.28***	—	-0.19**	24.9***	—	—	—	0.62***	-0.30***	0.47***	—	-0.21**
Frecuencia efectos												
Irritabilidad	0.23***	—	—	—	—	—	—	-0.26***	—	—	0.21***	0.16*
Ansiedad	0.22***	—	-0.13*	12.5*	0.18*	—	0.14*	—	0.15*	—	0.22***	—
Desorientación	0.13*	—	—	—	0.19*	—	—	—	0.16*	—	—	—
Miedo	0.18**	—	-0.17**	21.8***	—	—	—	-0.26***	—	0.15*	—	—
Dolor en oídos	0.30***	—	—	20.3***	—	—	—	-0.20**	—	—	0.21***	0.18**
Frecuencia acciones												
Incrementar el volumen al hablar	0.22***	—	-0.17**	18.7***	—	—	—	-0.36***	0.18**	-0.23**	—	—
Pausar la conversación	0.21***	—	-0.21***	17.8**	—	—	—	-0.22***	0.20**	0.22**	0.16*	—
Dejar el sitio	—	—	—	—	0.22**	—	0.17**	—	0.18**	—	0.19**	0.25***
Dejar el espacio verde	0.17**	—	—	—	—	—	—	—	0.14*	—	0.16*	—

<sup>a</sup> Coeficiente de correlación tau-b de Kendall

<sup>b</sup> Test de chi-cuadrado

Tabla 3.7. Relación de las características sociodemográficas y de uso de los espacios verdes con las características de satisfacción de los espacios verdes urbanos, las molestias del ruido y los efectos del ruido.

\*Significativo a p-valor  $\leq 0.05$ ; \*\*Significativo a p-valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\*Significativo a p-valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

Aquellos que con frecuencia acuden con los niños a los espacios verdes urbanos presentan una correlación positiva con la satisfacción con los otros usuarios de los espacios y con la localización de éstos (Tabla 3.7), probablemente debido a la dificultad de desplazarse grande distancias y por la interacción entre las personas que llevan a los niños a este tipo de entornos.

Los usuarios que realizan la actividad de hablar en los espacios verdes de la ciudad de Cáceres, presentan correlaciones positivas con el grado de molesta a las fuentes sonoras gritos, animales y niños. La frecuencia de esta actividad también está relacionada positivamente con algunos de los efectos del ruido con mayor frecuencia, como hablar, andar, miedo y pausar la conversación (Tabla 3.7). Además, esta actividad presenta correlación positiva con la satisfacción a los usuarios.

Respecto a los datos de temporalidad, frecuencia diaria y años viniendo a los espacios, presentan relación con la edad o con el estado laboral jubilado. No obstante, es importante destacar que la duración diaria presenta correlación significativa positiva con la molestia global al ruido y con algunos de los efectos del ruido que se producen con mayor frecuencia.

Uso del espacio verde urbano	Características sociodemográficas			
	Edad	Sexo	Educación	Actividad laboral
	R <sup>a</sup>	X <sup>2b</sup>	R <sup>a</sup>	X <sup>2b</sup>
Leer	–	–	–	–
Llevar a los niños	–	12.9***	–	23.1***
Relax	0.14*	–	-0.29***	21.6***
Ejercicio	-0.22***	11.9***	0.24***	17.3**
Caminar	0.32***	–	-0.29***	35.9***
Hablar	0.14*	–	-0.29***	32.3***
Duración diario	–	–	-0.13*	23.8***
Próximos años	0.39***	–	-0.23***	29.4***

<sup>a</sup> Coeficiente de correlación tau-b de Kendall

<sup>b</sup> Test de chi-cuadrado

Tabla 3.8. Relaciones entre las características sociodemográficas y la frecuencia del tipo de uso de los espacios verdes. \*Significativo a p-valor  $\leq 0.05$ ; \*\*Significativo a p-valor  $\leq 0.01$ ; \*\*\*Significativo a p-valor  $\leq 0.001$ ; n.s. no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).



En este trabajo, el uso del espacio verde urbano para caminar presenta alta correlación positiva ( $p\text{-valor} \leq 1$ ) con la edad de los usuarios y también una diferenciación significativa en el caso de personas jubiladas (Tabla 3.8). Quizás, por una cuestión de tiempo y de salud, las personas de avanzada edad suelen caminar habitualmente, escogiendo los espacios verdes urbanos para realizar su actividad. Es interesante observar como el ruido no es percibido de manera negativa por los usuarios que van a realizar ejercicio a los espacios verdes urbanos, pero sí que lo hace la actividad caminar (Tabla 3.7), correlacionando de igual manera con la edad (Tabla 3.8)

Por último, se realizó un análisis de la relación de la frecuencia del tipo de uso que hacen los usuarios de los espacios verdes urbanos de Cáceres con la percepción de las características del parque y al ruido que está presente en los mismos. En este estudio es evidente la sensibilidad que tienen los usuarios al ruido cuando se trata de la actividad que más frecuentemente realizan en las áreas verdes urbanas elegidas, indicando que son las que habitualmente son afectadas por el ruido.

Los usuarios que suelen leer o relajarse en el parque, presentan correlaciones significativas con aquellos que indican que el ruido les afecta con frecuencia elevada a para realizar estas dos actividades. Los ciudadanos que realizan estas dos actividades también encuentran correlaciones positivas con algunas de las fuentes más molestas en este tipo de entorno, como el ruido de tráfico o el ladrido de los perros (animales), por lo que abandonan con frecuencia el lugar donde se encuentran. No obstante, son solo los usuarios que van a relajarse a los espacios verdes urbanos en Cáceres los que presentan relaciones significativas con las características de los entornos, ofreciendo buenas valoraciones a todas las características, excepto a la seguridad. Además, como muestra la alta correlación ( $p\text{-valor} \leq 0.001$ ) entre el nivel sonoro equivalente (dB) y la actividad relax, los usuarios que realizan a menudo esta actividad en este tipo de espacios, suelen elegir los lugares donde se registra menor nivel sonoro (Tabla 3.9).

Indicadores sonoros (dB)	Uso de espacios verdes urbanos	
	Relax	Caminar
$L_{Cpeak}$	-0.52 <sup>**</sup>	-0.07 <sup>n.s</sup>
$L_{Amax}$	-0.41 <sup>*</sup>	-0.29 <sup>n.s</sup>
$L_{A1}$	-0.53 <sup>***</sup>	-0.41 <sup>*</sup>
$L_{A5}$	-0.54 <sup>***</sup>	-0.38 <sup>*</sup>
$L_{A10}$	-0.51 <sup>**</sup>	-0.34 <sup>*</sup>
$L_{A50}$	-0.42 <sup>*</sup>	-0.30 <sup>n.s</sup>
$L_{A90}$	-0.25 <sup>n.s.</sup>	-0.24 <sup>n.s</sup>
$L_{A95}$	-0.24 <sup>n.s.</sup>	-0.24 <sup>n.s</sup>
$L_{A99}$	-0.22 <sup>n.s.</sup>	-0.23 <sup>n.s</sup>
$L_{Amin}$	-0.17 <sup>n.s.</sup>	-0.19 <sup>n.s</sup>
$L_{Aeq}$	-0.45 <sup>**</sup>	-0.33 <sup>*</sup>
$L_{eq}^b$	-0.74 <sup>***</sup>	-0.25 <sup>n.s</sup>
$L_{Aeq}^b$	-0.50 <sup>**</sup>	-0.10 <sup>n.s</sup>
Sonoridad <sup>b</sup>	-0.47 <sup>**</sup>	-0.12 <sup>n.s</sup>
Agudeza <sup>b</sup>	-0.02 <sup>n.s.</sup>	-0.15 <sup>n.s</sup>

<sup>b</sup>recogidos con el dispositivo binaural

Tabla 3.9. Coeficientes de correlación de Spearman entre los datos de uso de los espacios verdes y los indicadores acústicos en el punto de muestreo. <sup>\*</sup>Significativo a p-valor  $\leq 0.05$ ; <sup>\*\*</sup>Significativo a p-valor  $\leq 0.01$ ; <sup>\*\*\*</sup>Significativo a p-valor  $\leq 0.001$ ; <sup>n.s.</sup> no correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

### 3.4. CONCLUSIONES

Los espacios verdes urbanos tienen un claro beneficio económico, social y ambiental dentro de la ciudad. Para la gestión, planificación y conservación de este tipo de espacios, es importante analizar qué está ocurriendo en ellos. Las conclusiones que se obtienen de este estudio son las siguientes:

Los usuarios valoran muy positivamente la satisfacción con las características de los espacios verdes urbanos, excepto para el aire y el ruido, ambos aspectos relacionados con la contaminación ambiental. Estas dos variables son las que presentaban mayor relación significativa con respecto a la valoración global del parque.

La satisfacción al ruido junto con las características usuarios, conservación y sombras predicen correctamente el 71.4% de la variabilidad de la satisfacción global de los espacios verdes. Es probable que, la conservación de la satisfacción al ruido, haya influido para que la valoración de la satisfacción global de los espacios verdes urbanos no haya aumentado significativamente.

La molestia de las fuentes sonoras en los espacios verdes elegidos es baja para los usuarios, incluso por debajo de otras zonas de la ciudad con un nivel de exposición similar. El tráfico rodado es la fuente sonora más molesta. Además, es la fuente sonora que presenta mayor correlación significativa con los indicadores sonoros registrados y con la molestia global.

Los efectos producidos por el ruido también recién valoraciones bajas. Las más afectadas por el ruido son la irritabilidad y la acción de pausar la conversación, así como las actividades hablar y pasear. Estos efectos son los que presentan mayor correlación significativa con la molestia global.

Respecto a la valoración del ruido otorgada por los usuarios, el nivel sonoro equivalente  $L_{eq}$  (dB) y la agudeza (acum) son los que muestran correlación significativa. Este resultado puede estar indicando la importancia del espectro sonoro para la mejora de características del paisaje sonoro de lugares con bajos niveles sonoros y bajos efectos del ruido.

El uso que hacen los ciudadanos de este tipo de entornos va a mostrar diferencias significativas en el género, ya que es el género femenino el que suele llevar a los niños a estos entornos, en la valoración de las fuentes de ruido procedente de los niños y en la relación significativa del mayor nivel de estudios con la percepción del ruido.

Aquellos lugares que, dentro de los espacios verdes urbanos, son elegidos para caminar o relajarse, son también los que menores niveles sonoros presentan. La presencia de altos niveles sonoros puede ser limitante para realizar cierto tipo de actividades, como andar, pero casi no afecta para aquellos que lo utilizan para hacer deporte.



# CONCLUSIONES

En esta memoria se ha presentado un exhaustivo estudio sobre la percepción sonora en distintos entornos urbanos, incluyendo todos los tipos de espacios posibles que se dan en las ciudades. Las contribuciones de esta tesis van dirigidas al entendimiento de la situación acústica y global, de distintos tipos de entorno dentro de las ciudades, proponiéndose métodos para mejorarla en los espacios estudiados.

Por eso, en primer lugar, se ha estudiado la percepción del paisaje sonoro urbano en tres entornos con características diferentes de una ciudad de Extremadura. Posteriormente se han introducido en esos espacios sonidos grabados en entornos naturales y rurales, a través de unos altavoces colocados por las calles de la ciudad por el Ayuntamiento local, y se ha analizado de nuevo la percepción del paisaje sonoro. Como conclusiones de este estudio podemos afirmar:

- Los niveles sonoros son muy similares en los entornos sin sonidos y con sonidos introducidos. En el caso de los dos espacios peatonales estudiados, los sonidos son fácilmente identificables en los espectrogramas, quedando perfectamente integrados en el entorno. No ocurre así en el caso del espacio en el que la fuente de sonido principal es el tráfico rodado, quedando enmascarados por la energía cercana a la zona de máximos del ruido de tráfico.
- Los sonidos más fácilmente identificables son los de pájaros, que suelen presentar su energía en el espectrograma alrededor de 5 kHz, por encima del rango de frecuencias de máximos de energía presente en los entornos sin introducir los sonidos. En general, las valoraciones medias otorgadas por los usuarios para las características urbanas, en las dos zonas peatonales, son superiores cuando los sonidos son introducidos,

aumentando la satisfacción al sonido e indicando una mejoría en la percepción otras características de los espacios peatonales, tanto sociales como comerciales. Sin embargo, para el espacio con ruido de tráfico, las valoraciones son similares para las características urbanas con los sonidos introducidos. En este espacio, la sensación de calle ruidosa afecta de manera negativa a la satisfacción del sonido.

- Introducir sonidos en estos espacios afecta más a los efectos del ruido. En un entorno con ruido, introducir más sonidos, aunque estos sean naturales, afecta negativamente a la experiencia en el espacio. Además, la molestia del ruido repercute de manera negativa en la sensación de calle ruidosa.
- Actuar sobre el ruido (nivel sonoro) o sobre el sonido (espectro sonoro), depende del tipo de espacio en el que se vaya a intervenir y de la percepción que tienen los usuarios de ellos. En este estudio se ha comprobado que, actuar sobre el sonido (espectro) en espacios peatonales contribuye a la mejora de la percepción de otras características urbanas. Sin embargo, introducir sonidos en un entorno ya saturado de sonidos, contribuye a aumentar la molestia y los efectos del ruido, siendo necesario actuar en primer término sobre los niveles sonoros.

En segundo lugar, se ha desarrollado un estudio de diferencias semánticas en el que se han evaluado ocho parejas de adjetivos contrapuestos. Se han comparado las valoraciones obtenidas con diferentes indicadores registrados durante el proceso de encuestado en 26 calles de la ciudad de Cáceres. Además, se han obtenido tres dimensiones sonoras para este estudio. Como conclusiones de este estudio podemos afirmar:

- Respecto de las valoraciones otorgadas, las parejas de adjetivos que indican agradabilidad están relacionadas con el uso y el tipo de las calles. En una agrupación de valoraciones por categorías de calles según el Método de Categorización, las parejas de adjetivos que indican agradabilidad muestran tendencia hacia la parte positiva de los adjetivos al cambiar de categorías de calles 1-2-3 a 4-5, no siendo evidente esta tendencia para las otras parejas

de adjetivos. Es importante indicar aquí que la pareja grave-agudo, que describe contenido espectral en el paisaje sonoro, muestra una tendencia inversa al pasar del grupo de categoría 4-5 a 1-2-3, mostrando que cuando más ruidoso el entorno, más grave se considera.

- Respecto de los indicadores sonoros, el percentil LA50 correlaciona con las parejas que indican agradabilidad, planteándose como un buen predictor para conocer la situación acústica de un lugar, incluyendo la percepción dentro de estos espacios. Y, además, cuando correlaciona bien el percentil 50, también correlaciona bien el nivel equivalente sin ponderar,  $L_{eq}$ . Hay que destacar de nuevo que la pareja grave-agudo, presenta correlación negativa con el indicador  $L_{eq}$ . Esto quiere decir que lo encuestados perciben el ambiente con tráfico, generalmente compuesto de bajas frecuencias, como más ruidoso y deteriorado, al contrario de lo que sucede en los entornos menos ruidosos, en los que las valoraciones tienden hacia las altas frecuencias y los niveles sonoros  $L_{eq}$  son menores.
- Mediante Análisis de Componentes Principales, se han obtenido 3 componentes sonoras que agrupan a las ocho parejas de adjetivos: 1) Evaluación emocional/agrado-molestia, que incluye a las parejas de adjetivos relajante-estresante, agradable-desagradable, natural-artificial y apropiado-inapropiado; 2) Actividad/excitación, que incluye las parejas grave-agudo, esperado-inesperado, estable-variable; 3) Dominancia/familiaridad, que incluye a las parejas esperado-inesperado y nítido-confuso. Respecto de otros estudios similares, en este trabajo se han evaluado nuevas parejas de adjetivos nítido-confuso y apropiado-inapropiado, que están presentes en alguna de las dimensiones finales. Una de ellas, apropiado-inapropiado correlaciona con el percentil 50, lo que nos invita a interpretarla como una agrupación de adjetivos que sí están presentes en otros estudios referenciados, como son interesante-aburrido y diferente-usual, funcionando incluso mejor que éstas. En el Análisis de Componentes Principales, la pareja grave-agudo se encuentra en la dimensión sonora Agradable-Desagradable, pero con signo negativo. De

nuevo, esto nos indica una relación inversa entre la valoración a esta pareja y la satisfacción global. Es decir, cuanto más grave el entorno, más presencia de fuentes asociadas al tráfico y, en consecuencia, menos agradable resulta el entorno.

Con los precedentes anteriores, se ha estudiado la percepción en distintos tipos de espacios verdes urbanos, conocidos por sus beneficios económicos, sociales y ambientales, con los siguientes resultados:

- Los usuarios valoran de forma positiva este tipo de espacios, excepto para las variables aire y ruido, ambos relacionados con la contaminación ambiental. Además, estos aspectos son los que presentan mayor relación significativa con la valoración global de los espacios.
- El 71.4% de la variabilidad de la satisfacción global en estos espacios es explicada por la satisfacción al ruido junto con las características usuarios, conservación y sombras.
- La molestia de las fuentes sonoras es baja. Es el ruido de tráfico el que presenta mayor correlación con los indicadores sonoros y con la molestia global. Los efectos producidos por el ruido también reciben valoraciones bajas.
- El nivel sonoro equivalente  $Leq$  y la agudeza son los indicadores que correlacionan con la valoración otorgada al ruido. Esto puede estar indicando la importancia del espectro sonoro en la mejora de las características del paisaje sonoro en lugares en los que los niveles sonoros y los efectos del ruido son bajos.
- Se han encontrado diferencias en género y en edad según el tipo de uso que se hace de los espacios verdes urbanos.

Las aportaciones científicas aquí expuestas se dirigen fundamentalmente a planificadores y gestores urbanísticos, y a gobiernos locales, regionales o nacionales que pretendan establecer unas bases de calidad y conservación acústica en sus territorios.



# BIBLIOGRAFÍA

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019: Methodology of the United Nations population estimates and projections* (ST/ESA/SER.A/425).
- [2] European Regional Development Fund. European Union. *URBACT II capitalisation* (2015). Sustainable regeneration in urban areas.
- [3] Awad, J., y C. Jung. 2022. *Extracting the Planning Elements for Sustainable Urban Regeneration in Dubai with AHP (Analytic Hierarchy Process)*. Sustainable Cities and Society 76.
- [4] Lak, A., A. Sharifi, M. Khazaei, y R. Aghamolaei. 2021. *Towards a framework for driving sustainable urban regeneration with ecosystem services*. Land Use Policy 111.
- [5] Ruá, M.J., P. Huedo, M. Cabeza, B. Saez, y R. Agost-Felip. 2021. *A model to prioritise sustainable urban regeneration in vulnerable areas using SWOT and CAME methodologies*. Journal of Housing and the Built Environment 36 (4): 1603-27.
- [6] Bertolini, L. 2020. *From “streets for traffic” to “streets for people”: can street experiments transform urban mobility?* Transport Reviews 40 (6): 734-53.
- [7] Cohen, D., B. Han, K.P. Derose, S. Williamson, A. Paley, y C. Batteate. 2016. *CicLAvia: Evaluation of participation, physical activity and cost of an open streets event in Los Angeles*. Preventive Medicine 90: 26-33.

- [8] Cortinez-O’Ryan, A., A. Albagli, K.P. Sadarangani, y N. Aguilar-Farias. 2017. *Reclaiming streets for outdoor play: A process and impact evaluation of “Juega en tu Barrio” (Play in your Neighborhood), an intervention to increase physical activity and opportunities for play.* PLoS ONE 12 (7).
- [9] D’Haese, S., D. Van Dyck, I. De Bourdeaudhuij, B. Deforche, y G. Cardon. 2015. *Organizing “Play Streets” during school vacations can increase physical activity and decrease sedentary time in children.* International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity 12 (1).
- [10] Hamdy, M., y R. Plaku. 2021. *Pocket parks: Urban living rooms for urban regeneration.* Civil Engineering and Architecture 9 (3): 747-59.
- [11] Labuz, R. 2019. *Pocket Park-A New Type of Green Public Space in Kraków (Poland).* En IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 471.
- [12] Tzoulas, K., K. Korpela, S. Venn, V. Yli-Pelkonen, A. Kaźmierczak, J. Niemela, y P. James. 2007. *Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review.* Landscape and Urban Planning 81 (3): 167-78.
- [13] Fuller, R.A., y K.J. Gaston. 2009. *The scaling of green space coverage in European cities.* Biology Letters 5 (3): 352-55.
- [14] Ha, J., H.J. Kim, y K.A. With. 2022. *Urban green space alone is not enough: A landscape analysis linking the spatial distribution of urban green space to mental health in the city of Chicago.* Landscape and Urban Planning 218.
- [15] Sun, H., C. Liu, y J. Wei. 2021. *Identifying key sites of green infrastructure to support ecological restoration in the urban agglomeration.* Land 10 (11).

- [16] Morillas, J.M.B., G.R. Gozalo, D.M. González, P.A. Moraga, y R. Vílchez-Gómez. 2018. *Noise Pollution and Urban Planning*. Current Pollution Reports 4 (3): 208-19.
- [17] Rey Gozalo, G., J.M. Barrigón Morillas, J. Trujillo Carmona, D. Montes González, P. Atanasio Moraga, V. Gómez Escobar, R. Vílchez-Gómez, J.A. Méndez Sierra, y C. Prieto-Gajardo. 2016. *Study on the relation between urban planning and noise level*. Applied Acoustics 111: 143-47.
- [18] Fernandes, J.P., y N. Guiomar. 2018. Nature-based solutions: *The need to increase the knowledge on their potentialities and limits*. Land Degradation and Development 29 (6): 1925-39.
- [19] Lehmann, S. 2021. *Growing biodiverse urban futures: Renaturalization and rewilding as strategies to strengthen urban resilience*. Sustainability (Switzerland) 13 (5).
- [20] Cariello, A., R. Ferorelli, y F. Rotondo. 2021. *Tactical urbanism in italy: From grassroots to institutional tool. assessing value of public space experiments*. Sustainability (Switzerland) 13 (20).
- [21] Kim, K., B. Križnik, y K. Kamvasinou. 2021. *Between the state and citizens: Changing governance of intermediary organisations for inclusive and sustainable urban regeneration in Seoul*. Land Use Policy 105.
- [22] Western, M., y W. Tomaszewski. 2016. *Subjective wellbeing, objective wellbeing and inequality in Australia*. PLoS ONE 11 (10).
- [23] Želinský, T., O. Hudec, A. Mojsejová, y S. Hricová. 2021. *The effects of population density on subjective well-being: A case-study of Slovakia*. Socio-Economic Planning Sciences 78.

[24] Morrison, P.S. 2021. *Whose happiness in which cities? A quantile approach*. Sustainability (Switzerland) 13 (20).

[25] Wang, L., Y. Zhou, F. Wang, L. Ding, P.E.D. Love, y S. Li. 2021. *The Influence of the Built Environment on People's Mental Health: An Empirical Classification of Causal Factors*. Sustainable Cities and Society 74.

[26] Li, C., y S. Managi. 2022. *Spatial Variability of the Relationship between Air Pollution and Well-being*. Sustainable Cities and Society 76.

[27] Rey Gozalo, G., J.M. Barrigón Morillas, D. Montes González, y P. Atanasio Moraga. 2018. *Relationships among satisfaction, noise perception, and use of urban green spaces*. Science of the Total Environment 624: 438-50.

[28] Syrbe, R.-U., I. Neumann, K. Grunewald, P. Brzoska, J. Louda, B. Kochan, J. Macháč, et al. 2021. *The value of urban nature in terms of providing ecosystem services related to health and well-being: An empirical comparative pilot study of cities in Germany and the Czech Republic*. Land 10 (4).

[29] European Environment Agency, *Environmental noise in Europe - 2020*. 2020

[30] Zhang, M., and J. Kang. 2007. *Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open spaces*. Environment and Planning B: Planning and Design 34 (1): 68-86.

[31] 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.

[32] Torija, A. J., and D. P. Ruiz. 2016. *Automated classification of urban locations for environmental noise impact assessment on the basis of road-traffic content*. Expert Systems with Applications 53 : 1-13.

- [33] Masullo, M., L. Maffei, T. Iachini, M. Rapuano, F. Cioffi, G. Ruggiero, y F. Ruotolo. 2021. *A questionnaire investigating the emotional salience of sounds*. Applied Acoustics 182.
- [34] Rogers H. Galt. 1930. *Results of noise surveys part I. Noise out of doors*. Bell Telephone Laboratories. Journal of the Acoustical Society Vol II, Pages 30-58.
- [35] Southworth, M. 1969. *The Sonic Environment of Cities*. Environment and Behavior, 1:1(1969:June) p.49
- [36] World Soundscape Project. (s.f.). Recuperado el 15 de Febrero de 2016, de <http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>
- [37] Schafer R.M. *The soundscape: Our sonic environment and the tuning of the World*. 1977. Editorial Inner Traditions. Edición 1994.
- [38] Truax, B. “*Handbook for acoustic ecology*”. 1978. World Soundscape Project, Simon Fraser University, ARC Publications. Segunda Edición 1999.
- [39] Liu, J., J. Kang, H. Behm, and T. Luo. 2014. *Effects of landscape on soundscape perception: Soundwalks in city parks*. Landscape and Urban Planning 123 : 30-40.
- [40] Kang, J., Zhang, M. 2010. *Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces*. Building and environment, 45(1), 150-157
- [41] Jeon, J. Y., J. Y. Hong, and P. J. Lee. 2013. *Soundwalk approach to identify urban soundscapes individually*. Journal of the Acoustical Society of America 134 (1): 803-12.
- [42] Axelsson Ö, Nilsson ME, Berglund B. 2010. *A principal components model of soundscape perception*. J Acoust Soc Am;128(5):2836-2846.

[43] Mediastika CE, Sudarsono AS, Kristanto L. 2021. *Using the sonic perception to improve public spaces and develop a place identity*. Adv Sci Tech Inno:97-107.

[44] ISO 12913-1:2014. *Acoustics- Soundscape – Part 1: Definition and conceptual framework*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

[45] Vogiatzis, K., and N. Remy. 2014. *From environmental noise abatement to soundscape creation through strategic noise mapping in medium urban agglomerations in south europe*. Science of the Total Environment 482-483 (1): 420-31.

[46] Suárez, E., and J. L. Barros. 2014. *Traffic noise mapping of the city of Santiago de Chile*. Science of the Total Environment 466-467 : 539-46.

[47] 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.

[48] Zannin, P. H. T., and D. Q. D. Sant'Ana. 2011. *Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project - A case study in brazil*. Applied Acoustics 72 (8): 479-86.

[49] 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.

[50] Wei, W., T. Van Renterghem, B. De Coensel, and D. Botteldooren. 2016. *Dynamic noise mapping: A map-based interpolation between noise measurements with high temporal resolution*. Applied Acoustics 101 : 127-40.

- [51] Barrigón Morillas, J.M., Montes González, D., Rey Gozalo, G. 2016. *A review of the measurement procedure of the ISO 1996 standard. Relationship with the European Noise Directive*. Science of Total Environment 565: 595-606.
- [52] Deng L, Luo H, Ma J, Huang Z, Sun L-, Jiang M-, et al. *Effects of integration between visual stimuli and auditory stimuli on restorative potential and aesthetic preference in urban green spaces*. Urban For Urban Greening 2020; 53.
- [53] Xu X, Cai J, Yu N, Yang Y, Li X. 2020. *Effect of loudness and spectral centroid on the music masking of low frequency noise from road traffic*. Appl Acoust;166.
- [54] Spence C. 2020. *Senses of place: architectural design for the multisensory mind*. Cognitive Research: Principles and Implications ;5(1).
- [55] Ma KW, Mak CM, Wong HM. 2021. *Effects of environmental sound quality on soundscape preference in a public urban space*. Applied Acoustics;171.
- [56] Antrop M. 2000. *Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe*. Landscape Ecology;15(3):257-270.
- [57] Cheshire P. 1995. *A New Phase of Urban Development in Western Europe? The Evidence for the 1980s*. Urban Studies;32(7):1045-1063.
- [58] Antrop M. 2004. *Landscape change and the urbanization process in Europe*. Landscape and Urban Planning;67(1-4):9-26.
- [59] Kalnay E, Cai M. 2003. *Impact of urbanization and land-use change on climate*. Nature;423(6939):528-531.
- [60] Shao Z, Ding L, Li D, Altan O, Huq ME, Li C. 2020. *Exploring the relationship between urbanization and ecological environment using remote sensing images and statistical data: A case study in the Yangtze River Delta, China*. Sustainability;12(14).

[61] *Assessment of Urbanized Area Architectural Environment*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; 2018.

[62] Garcia-Ramon MD, Ortiz A, Prats M. 2004. *Urban planning, gender and the use of public space in a peripheral neighbourhood of Barcelona*. *Cities*;21(3):215-223.

[63] Meyerson FAB, Merino L, Durand J. 2007. *Migration and environment in the context of globalization*. *Frontiers ecology environment*;5(4):182-190.

[64] Stathakis D, Tselios V, Faraslis I. 2015. *Urbanization in European regions based on night lights*. *Remote sensing application society and environment*;2:26-34.

[65] Wolf J, Batista P, Marques JL. 2021. *Processes of urban transformation: A typology based on urbanity, centrality and on territories' population growth*. *Cidades* (41):133-155.

[66] Kang C, Shi L, Wang F, Liu Y. 2020. *How urban places are visited by social groups? Evidence from matrix factorization on mobile phone data*. *Trans GIS*;24(6):1504-1525.

[67] Zhao J, Liu X, Dong R, Shao G. 2016. *Landsenses ecology and ecological planning toward sustainable development*. *International journal sustainable development world ecology*;23(4):293-297.

[68] Wu J. 2013. *Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes*. *Landscape Ecology*;28(6):999-1023.

[69] Xu M, Luo T, Wang Z. 2020. *Urbanization diverges residents' landscape preferences but towards a more natural landscape: case to complement landsenses ecology from the lens of landscape perception*. *International journal sustainable development world ecology*;27(3):250-260.



- [70] Dobson A. 2007. *Environmental citizenship: Towards sustainable development*. Sustainable Development;15(5):276-285.
- [71] Tarsitano E, Posca C, Giannoccaro RA, Borghi C, Trentadue C, Romanazzi G, et al. 2021. *A “Park to Live” between environmental education and social inclusion through a landsense ecology approach*. International journal sustainable development world ecology;28(2):166-178.
- [72] Zhang K. 2021. *Economic Structural Transformation in Emerging Market Countries*. Global Journal of Emerging Market Economies.
- [73] Huang G, Zhang J, Yu J, Shi X. 2020. *Impact of transportation infrastructure on industrial pollution in Chinese cities: A spatial econometric analysis*. Energy Economics;92.
- [74] *Relationships between Urbanization, Economic Growth, Energy Consumption, and CO2 Emissions: Empirical Evidence from Indonesia*. Journal of Asian Finance, Economics and Business. 2021;8(3):79-90.
- [75] Ha NM, Dang Le N, Trung-Kien P. 2021. *The impact of urbanization on poverty reduction: An evidence from Vietnam*. Cogent Economics and Finance;9(1).
- [76] Chiarini B, D'Agostino A, Marzano E, Regoli A. 2020. *The perception of air pollution and noise in urban environments: A subjective indicator across European countries*. Journal of Environmental Management;263.
- [77] Lin J, Wang H, Yan F, Tang K, Zhu H, Weng Z, et al. 2018. *Effects of occupational exposure to noise and dust on blood pressure in Chinese industrial workers*. Clinical and Experimental Hypertension;40(3):257-261.
- [78] Baquero Larriva MT, Higuera E. 2020. *Health risk for older adults in Madrid, by outdoor thermal and acoustic comfort*. Urban Climate;34.

[79] O J, Pugh-Jones C, Clark B, Trott J, Chang L. 2021. *The Evolutionarily Mismatched Impact of Urbanization on Insomnia Symptoms: a Short Review of the Recent Literature*. *Current Psychiatry Reports*;23(5).

[80] Tsaligopoulos A, Kyvelou S, Votsi N-, Karapostoli A, Economou C, Matsinos YG. 2021. *Revisiting the concept of quietness in the urban environment—towards ecosystems' health and human well-being*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*;18(6):1-19.

[81] Pelgrims I, Devleeschauwer B, Guyot M, Keune H, Nawrot TS, Remmen R, et al. 2021. *Association between urban environment and mental health in Brussels, Belgium*. *BMC Public Health*;21(1).

[82] European Environment Agency, EEA. *Air Quality in Europe*. ISBN 978-92-9480-087-9. Con acceso 21/05/2021

[83] WHO, 2006a, *Air quality guidelines: Global update 2005 — Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide*, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen. Con acceso 21/05/2021

[84] van Donkelaar A, Martin RV, Brauer M, Kahn R, Levy R, Verduzco C, et al. 2010. *Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: Development and application*. *Environmental Health Perspectives*.;118(6):847-55.

[85] Dong Q, Lin Y, Huang J, Chen Z. 2020. *Has urbanization accelerated PM2.5 emissions? An empirical analysis with cross-country data*. *China Economic Review*.;59.

[86] Ji X, Yao Y, Long X. 2018. *What causes PM2.5 pollution? Cross-economy empirical analysis from socioeconomic perspective*. *Energy Policy*.;119:458-72.

- [87] Rey Gozalo G, Barrigón Morillas JM. 2017. *Perceptions and effects of the acoustic environment in quiet residential areas*. Journal of the Acoustical Society of America.;141(4):2418-29.
- [88] WHO (World Health Organization), 2011. *Burden of Disease from Environmental Noise. Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*. World Health Organization Regional Office for Europe, Denmark.
- [89] Murphy, E., and E. A. King. 2010. *Strategic environmental noise mapping: Methodological issues concerning the implementation of the EU environmental noise directive and their policy implications*. Environment International 36 (3): 290-8.
- [90] do Nascimento EO, de Oliveira FL, de Oliveira LN, Zannin PHT. 2021. *Noise prediction based on acoustic maps and vehicle fleet composition*. Applied Acoustics;174.
- [91] Barrigón Morillas JM, Gómez Escobar V, Méndez Sierra JA, Vílchez-Gómez R, Vaquero JM, Trujillo Carmona J. 2005. *A categorization method applied to the study of urban road traffic noise*. Journal of the Acoustical Society of America.;117(5):2844-52.
- [92] Barrigón Morillas JM, Escobar VG, Carmona JT, Sierra JAM, Vílchez-Gómez R, Río FJCD. 2011. *Analysis of the prediction capacity of a categorization method for urban noise assessment*. Applied Acoustics.;72(10):760-71.
- [93] Selamat FE, Tagusari J, Matsui T. 2021. *Mapping of transportation noise-induced health risks as an alternative tool for risk communication with local residents*. Applied Acoustics;178.
- [94] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

- [95] Pijanowski, B. C., L. J. Villanueva-Rivera, S. L. Dumyahn, A. Farina, B. L. Krause, B. M. Napoletano, S. H. Gage, and N. Pieretti. 2011. *Soundscape ecology: The science of sound in the landscape*. *Bioscience* 61 (3): 203-16.
- [96] Brown, A. L., J. Kang, and T. Gjestland. 2011. *Towards standardization in soundscape preference assessment*. *Applied Acoustics* 72 (6): 387-92.
- [97] Chau, K. -C, K. -C Lam, and L. M. Marafa. 2010. *Visitors' response to extraneous noise in countryside recreation areas*. *Noise Control Engineering Journal* 58 (5): 484-92
- [98] Gill, S.A., Jacob, R.J., Myers, K., Naghshineh, K., Marteen, J.V. 2015. *Toward a broader characterization of anthropogenic noise and its effects on wildlife*. *Behavioral Ecology* 26(2), 328-333.
- [99] Gygi, B., and V. Shafiro. 2013. *Auditory and cognitive effects of aging on perception of environmental sounds in natural auditory scenes*. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 56 (5): 1373-88.
- [100] Jeon, J. Y., P. J. Lee, J. Y. Hong, and D. Cabrera. 2011. *Non-auditory factors affecting urban soundscape evaluation*. *Journal of the Acoustical Society of America* 130 (6): 3761-70.
- [101] Carles, JL., Barrio,I., Fernández, JV. 1996. *La Dimensión sonora del medio ambiente. Relación entre modalidad sonora y modalidad visual en la percepción del paisaje*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- [102] Wu H, Sun X, Wu Y. 2020. *Investigation of the relationships between thermal, acoustic, illuminous environments and human perceptions*. *Journal of Building Engineering*;32.

- [103] Espinosa, S. 2006. *Ecología acústica y educación. Bases para el diseño de un nuevo paisaje sonoro*. Monografías de educación ambiental. Editorial Graó
- [104] Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Hume, K. I., Jennings, P., Plack, C. J. 2007. *The Positive Soundscape Project*. 19th International Congress on Acoustics, ICA. Madrid.
- [105] Licitra, G., M. Cobianchi, and L. Brusci. 2010. *Artificial soundscape approach to noise pollution in urban areas*. Paper presented at 39th International Congress on Noise Control Engineering 2010, INTER-NOISE 2010
- [106] Hellstrom, B., M. Nilsson, P. Becker, and P. Lunden. 2008. *Acoustic design artifacts and methods for urban soundscapes*. Paper presented at 15th International Congress on Sound and Vibration 2008, ICSV 2008.
- [107] Hellström, B. 2012. *Acoustic design artifacts and methods for urban soundscapes: A case study on the qualitative dimensions of sounds*. Paper presented at 41st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2012, INTER-NOISE 2012.
- [108] Hellström, B., M. E. Nilsson, Ö. Axelsson, and P. Lundén. 2014. *Acoustic design artifacts and methods for urban soundscapes: A case study on the qualitative dimensions of sounds*. *Journal of Architectural and Planning Research* 31 (1): 57-71.
- [109] Cerwén, G. 2016. *Urban soundscapes: A quasi-experiment in landscape architecture*. *Landscape Research*: 1-14.
- [110] Steele, D., Fraise, V., Bild, E., & Guastavino, C. 2021. *Bringing music to the park: The effect of musikiosk on the quality of public experience*. *Applied Acoustics*, 177

- [111] Axelsson, O., Nilsson M.E., Berglund, B. 2012. *The Swedish soundscape-quality protocol*. The Journal of the Acoustical Society of America 131, 3476.
- [112] Van Renterghem, T., Vanhecke, K., Filipan, K., Sun, K., De Pessemier, T., De Coensel, B., Botteldooren, D. 2020. *Interactive soundscape augmentation by natural sounds in a noise polluted urban park*. Landscape and Urban Planning, 194
- [113] Hong, J. Y., Lam, B., Ong, Z., Ooi, K., Gan, W., Kang, J. Tan, S. 2021. *A mixed-reality approach to soundscape assessment of outdoor urban environments augmented with natural sounds*. Building and Environment, 194
- [114] Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Hall, D. A. 2013. *Perception of soundscapes: An interdisciplinary approach*. Applied Acoustics 74 (2): 224-31.
- [115] Jeon, J. Y., P. J. Lee, J. You, and J. Kang. 2010. *Perceptual assessment of quality of urban soundscapes with combined noise sources and water sounds*. Journal of the Acoustical Society of America 127 (3): 1357-66.
- [116] Jeon, J. Y., P. J. Lee, J. You, and J. Kang. 2012. *Acoustical characteristics of water sounds for soundscape enhancement in urban open spaces*. Journal of the Acoustical Society of America 131 (3): 2101-9.
- [117] ISO 1996-1. *Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: basis quantities and assessment procedures*, International Organization for Standardization, Geneva (2003)
- [118] Marsden, P., Wright, J. 2010. *Handbook of survey research*: 269-274. Emerald Group Publishing Limited. ISBN: 978-1-84855-224-1

- [119] Schwarz, N., B. Knäuper, H. -J Hippler, E. Noelle-neumann, and L. Clark. 1991. *Rating scales numeric values may change the meaning of scale labels*. Public Opinion Quarterly 55 (4): 570-82.
- [120] Dawes, J. 2008. *Do data characteristics change according to the number of scale points used? An experiment using 5 point, 7 point and 10 point scales*. International Journal of Market Research, Vol 50, No. 1.
- [121] *Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero de 2017*. <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2859>. Con acceso 25/05/2019
- [122] Fan, X., Z. Yin, y Y. Liu. 2020. *The value of horizontal cooperation in online retail channels*. Electronic Commerce Research and Applications 39.
- [123] Mehrabian, R. 1974. *An approach to environmental psychology*. MIT, Cambridge, MA
- [124] Hall, D.A., A. Irwin, M. Edmondson-Jones, S. Phillips, y J.E.W. Poxon. 2013. *An exploratory evaluation of perceptual, psychoacoustic and acoustical properties of urban soundscapes*. Applied Acoustics 74 (2): 248-54..
- [125] Fiebig, A., P. Jordan, y C.C. Moshona. 2020. *Assessments of Acoustic Environments by Emotions – The Application of Emotion Theory in Soundscape*. Frontiers in Psychology 11.
- [126] Zhang, Y., y J. Kang. 2020. *The development of emotional indicators for the soundscape in urban open public spaces*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 780.
- [127] Cain, R., P. Jennings, y J. Poxon. 2013. *The development and application of the emotional dimensions of a soundscape*. Applied Acoustics 74, n.o 2: 232-39.

- [128] Acun, V., y S. Yilmazer. 2017. *Identification of individuals' emotional response to the indoor soundscape in public study areas via semantic differentiation*. INTER-NOISE 2017 - 46th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering: Taming Noise and Moving Quiet. Vol. 2017-January.
- [129] Bjork, E. A. 1985. *The perceived quality of natural sound*. *Acustica* 57, 185–188.
- [130] Kawai, K., T. Kojima, K. Hirate, y M. Yasuoka. 2004. *Personal evaluation structure of environmental sounds: Experiments of subjective evaluation using subjects' own terms*. *Journal of Sound and Vibration* 277 (3): 523-33.
- [131] Welch, D., D. Shepherd, K. Dirks, M.Y. Tan, y G. Coad. 2019. *Use of creative writing to develop a semantic differential tool for assessing soundscapes*. *Frontiers in Psychology* 9 (FEB).
- [132] Zhang, H., M. Qiu, L. Li, Y. Lu, y J. Zhang. 2021. *Exploring the dimensions of everyday soundscapes perception in spatiotemporal view: A qualitative approach*. *Applied Acoustics* 181.
- [133] Gozalo, G.R., J.T. Carmona, y J.M.B. Morillas. 2015. *Relationship between Objective Acoustic Indices and Subjective Assessments for the Quality of Soundscapes*. *Applied Acoustics* 97: 1-10.
- [134] Ma, K.W., H.M. Wong, y C.M. Mak. 2018. *A systematic review of human perceptual dimensions of sound: Meta-analysis of semantic differential method applications to indoor and outdoor sounds*. *Building and Environment* 133: 123-50.
- [135] Acun, V., y S. Yilmazer. 2018. *Understanding the indoor soundscape of study areas in terms of users' satisfaction, coping methods and perceptual dimensions*. *Noise Control Engineering Journal* 66 (1): 66-75.



- [136] ISO 12913-2:2018. *Acoustics- Soundscape- Part 2: Data collection and reporting requirements*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [137] Barrigón-Morillas, M., Montes-González, D., Merchán-Álvarez, A., Atanasio-Moraga, Pedro., Gómez-Escobar, V., Vílchez-Gómez, R., Méndez Sierra, J.A., Rey-Gozaló, G., Prieto-Gajardo, C., Maderuelo-Sanz, R., Martín-Castizo, M., Trujillo-Carmona, J., Carmona-del Río, J. 2013. *Caracterización del paisaje sonoro rural. Alcántara, un pueblo de la raya extremeña*. Tecniacústica. 44º Congreso Español de Acústica. Valladolid. ISBN: 978-84-87985-23-2. ISSN Digital: 2340-7441
- [138] Fernández-González, M., Barrigón-Morillas, J.M., Atanasio-Moraga, P., Montes-González, D., Rey-Gozaló, G., Gómez-Escobar, V., Vílchez-Gómez, R., Méndez-Sierra, J. A., Prieto-Gajardo, C. 2014. *Caracterización del paisaje sonoro rural en la Comarca de Campo Arañuelo*. Tecniacústica. 45º Congreso Español de Acústica. Murcia. ISBN: 978-84-87985-25-6. ISSN: 2340-7441 (Versión Digital)
- [139] Sierra-Limpo, M.C., Méndez-Sierra, J.A., Barrigón-Morillas, J.M., Vílchez-Gómez, R., Prieto-Gajardo, C., Rey-Gozaló, G., Montes-González, D., Atanasio-Moraga, P. 2015. *Estudio de la calidad acústica en una pequeña localidad de Extremadura: Herreruela, Cáceres, España*. Tecniacústica. 46º Congreso Español de Acústica. Valencia. ISBN: 978-84-87985-26-3. ISSN: 2340-7441 (Versión Digital)
- [140] Atanasio-Moraga, P., Barrigón-Morillas, J.M., Rey-Gozaló, G., Montes-González, D., Prieto-Gajardo, C. 2015. *El paisaje sonoro urbano. Intrusiones y percepciones*. Tecniacústica. 46º Congreso Español de Acústica. Valencia. ISBN: 978-84-87985-26-3. ISSN: 2340-7441 (Versión Digital).
- [141] Preis, A., Kociński, J., Hafke-Dys, H., Wrzosek, M., 2015. *Audio-visual interactions in environment assessment*. Science of Total Environment. 523, 191–200.

[142] Persson K, Bjorkman M. 1988. *Annoyance due to low frequency noise and the use of the dB(A) scale*. Journal of Sound and Vibration.;127(3):491–7

[143] Can, A., L. Leclercq, J. Lelong, y D. Botteldooren. 2010. *Traffic noise spectrum analysis: Dynamic modeling vs. experimental observations*. Applied Acoustics 71, n.o 8: 764-70.

[144] Chiesa, A., 2011. *The role of urban parks for the sustainable city*. Landscape and Urban Planning. 68, 129–138.

[145] Sander, H.A, 2016. *Assessing impacts on urban greenspace, waterways, and vegetation in urban planning*. Journal of Environmental Planning and Management. 59, 461–479.

[146] Scopelliti, M., Carrus, G., Adinolfi, C., Suarez, G., Colangelo, G., Laforteza, R., Panno, A., Sanesi, G., 2016. *Staying in touch with nature and well-being in different income groups: The experience of urban parks in Bogotá*. Landscape and Urban Planning. 148, 139–148.

[147] *Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Objetivo 11. Lograr que las ciudades sena más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>. ONU. 2015. Con acceso 18/08/2022

[148] Jim, C.Y., Chen, W.Y., 2006. *Recreation – amenity use and contingent valuation of urban Greens-paces in Guangzhou, China*. Landscape and Urban Planning. 75, 81–96.

[149] Sander, H.A., Haight, R.G., 2012. *Estimating the Economic Value of Cultural Ecosystem Services in an Urbanizing Area Using Hedonic Pricing*. Journal of Environmental Management. 113, 194–205.

- [150] Dadvand, P., Bartoll, X., Basagaña, X., Dalmau-Bueno, A., Martinez, D., Ambros, A., Cirach, M., Triguero-Mas, M., Gascon, M., Borrell, C., Nieuwenhuijsen, M.J., 2016. *Green spaces and General Health: Roles of mental health status, social support, and physical activity*. *Environment International*. 91, 161–167.
- [151] Peters, K., Elands, B., Buijs, A., 2010. *Social interactions in urban parks: Stimulating social cohesion?* *Urban Forestry & Urban Greening*. 9, 93–100.
- [152] Kaczynski, A.T., Potwarka, L.R., Saelens, B.E., 2008. *Association of park size, distance, and features with physical activity in neighbourhood parks*. *American Journal of Public Health* 98, 1451–1456.
- [153] Grahn, P., Stigsdotter, U.A., 2010. *The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration*. *Landscape and Urban Planning*. 94, 264–275.
- [154] Grahn, P., Stigsdotter, U.A., 2003. *Landscape planning and stress*. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2, 1–18.
- [155] Jay, M., Schraml, U., 2009. *Understanding the role of urban forests for migrants— Uses, perception and integrative potential*. *Urban Forestry & Urban Greening*. 8, 283–294.
- [156] Cohen, P., Potchter, O., Schnell, I., 2014. *The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel*. *Environmental Pollution*. 195, 73–83.
- [157] Yin, S., Shen, Z., Zhou, P., Zou, X., Che, S., Wang, W., 2011. *Quantifying air pollution attenuation within urban parks: An experimental approach in Shanghai, China*. *Environmental Pollution*. 159, 2155–2163.

[158] Alvey, A.A., 2006. *Promoting and preserving biodiversity in the urban forest*. Urban Forestry & Urban Greening. 5, 195–201.

[159] Paker, Y., Yom-Tox, Y., Alon-Mozes, T., Barrnea, A., 2014. *The Effects of Plant Richness and Urban Garden Structure on Bird Species Richness, Diversity, and Community Structure*. Landscape and Urban Planning. 122, 186–195.

[160] Doick, K.J., Peace, A., Hutchings, T.R., 2014. *The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island*. Science of The Total Environment. 493, 662–671.

[161] Feyisa, G.L., Dons, K., Meilby, H., 2014. *Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa*. Landscape and Urban Planning. 123, 87–95.

[162] Xiao, Xiangdong, Lulu Zhang, Yimei Xiong, Jiayi Jiang, y Anqi Xu. 2022. *Influence of spatial characteristics of green spaces on microclimate in Suzhou Industrial Park of China*. Scientific Reports 12, n.o 1.

[163] Rahman, Mohammad A., Eleonora Franceschi, Nayanesh Pattnaik, Astrid Moser-Reischl, Christian Hartmann, Heiko Paeth, Hans Pretzsch, Thomas Rötzer, y Stephan Pauleit. 2022. *Spatial and temporal changes of outdoor thermal stress: influence of urban land cover types*. Scientific Reports 12, n.o 1.

[164] EC (European Commission), 2000. *Towards a local sustainability profile: European Common indicators*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

[165] Dzhambov, A.M., Dimitrova, D.D., 2015. *Green spaces and environmental noise perception*. Urban Forestry & Urban Greening. 14, 1000–1008.

- [166] Brebbia, C.A., Hernández, S., Tiezzi, E., 2010. *The Sustainable City VI: Urban Regeneration and Sustainability*. WIT Press, Southampton.
- [167] Fritz, M.S., Mackinnon, D.P., 2007. *Required sample size to detect the mediated effect*. *Psychology Science*. 18, 233–239.
- [168] Jabben, J., Weber, M., Verheijen, E., 2015. *A framework for rating environmental value of urban parks*. *Science of The Total Environment*. 508, 395–401.
- [169] Shen, Y.-S., Candice Lung, S.-C., 2016. *Can green structure reduce the mortality of cardiovascular diseases?* *Science of The Total Environment*. 566–567, 1159–1167.
- [170] Preis, A., Kociński, J., Hafke-Dys, H., Wrzosek, M., 2015. *Audio-visual interactions in environment assessment*. *Science of The Total Environment*. 523, 191–200.
- [171] López Barrios, I., 2001. *El Significado del Medio Ambiente Sonoro en el Entorno Urbano*. *Estudios Geográficos*. 62, 447–466.
- [172] Benfield, J.A., Bell, P.A., Troup, L.J., Soderstrom, N.C., 2010. *Aesthetic and affective effects of vocal and traffic noise on natural landscape assessment*. *Journal of Environmental Psychology* 30, 103–111.
- [173] Szeremeta, B., Zannin, P.H.T., 2009. *Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise*. *Science of The Total Environment*. 407, 6143–6149.
- [175] Barrigón Morillas, J.M., Gómez Escobar, V., Rey Gozalo, G., 2013. *Noise source analyses in the acoustical environment of the medieval centre of Cáceres (Spain)*. *Applied Acoustics*. 74, 526–534.

[176] ISO 1996-2, 2007. *Acoustics — Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise. Part 2: Determination of Environmental Noise Levels*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

[177] Pando Fernández, V., San Martín Fernández, R., 2004. *Regresión logística multinomial*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. 18, 323–327.

[178] Gómez Escobar, V., Barrigón Morillas, J.M., Rey Gozalo, G., Vaquero, J., Méndez Sierra, J.A., Vílchez-Gómez, R., Carmona del Río, F.J., 2012. *Acoustical environmental of the medieval centre of Cáceres (Spain)*. Applied Acoustics. 73, 673–685.

[179] Rey Gozalo, G., Barrigón Morillas, J.M., 2017. *Perceptions and effects of the acoustic environment in quiet residential areas*. The Journal of the Acoustical Society of America. 141, 2418–2429.

[180] Axelsson, Ö., Nilsson, M.E., Hellström, B., Lundén, P., 2014. *A field experiment on the impact of sounds from a jet-and-basin fountain on soundscape quality in an urban park*. Landscape and Urban Planning. 123, 49–60.

[181] Hong, J.Y., Jeon J.Y., 2013. *Designing sound and visual components for enhancement of urban soundscapes*. The Journal of the Acoustical Society of America. 134, 2026–2036.

[182] Rey Gozalo, G., Trujillo Carmona, J., Barrigón Morillas, J.M., Vílchez-Gómez, R., Gómez Escobar, V., 2015b. *Relationship between objective acoustic indices and subjective assessments for the quality of soundscapes*. Applied Acoustics. 97, 1–10.

[183] Yu, L., Kang, J., 2008. *Effects of social, demographical and behavioral factors on the sound level evaluation in urban open spaces*. The Journal of the Acoustical Society of America. 123, 772–783.