

ANÁLISIS DEL ENTORNO SONORO DE ESPACIOS VERDES URBANOS Y PROTEGIDOS

PACS: 43.50 Rq

Rey Gozalo, Guillermo¹; Montes González, David¹; Castellano Cifuentes, Francisco Javier¹; Atanasio Moraga, Pedro¹; Pérez González, Javier²; Hidalgo de Trucios, Sebastián Justo².

¹Lambda, Departamento de Física Aplicada, INTERRA, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, 10003 Cáceres, España, 927257233, guille@unex.es, davidmg@unex.es, fcastellw@alumnos.unex.es, pedroam@unex.es.

²GIRFCB, Departamento de Anatomía, Biología Celular y Zoología, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, 10003 Cáceres, España, jpergon@unex.es, shidalgo@unex.es.

Palabras Clave: área verde urbana, parque nacional, paisaje sonoro.

ABSTRACT

Urban green areas are an ideal environment for the presence of quality environmental characteristics that benefit the health and quality of life of citizens. Sound environment is one of the main environmental characteristics to be considered and parks are potential quiet areas with good sound quality. However, few green areas consider their soundscape in their design or improvement. This study analyses the sound environment of the Príncipe Park and the Monfragüe National Park. The analysis of the sound spectrum of the measurements made it possible to compare the two environments. Despite the differences between them, the results show similarities in some areas with a wealth of biodiversity and natural sound sources, but also in areas influenced by road traffic. The users of the Príncipe Park are quite in agreement in considering its soundscape as pleasant and calm, which seems to be closely related to the assessments made of its high quality and appropriateness. These studies can be very useful for evaluating parks and advancing in their design to achieve high quality environments for citizens.

RESUMEN

Las áreas verdes constituyen un entorno idóneo para la presencia de características ambientales de calidad y que, con ello, se pueda ver beneficiada la salud y la calidad de vida de los ciudadanos. El entorno sonoro es una de las principales características ambientales a considerar y los parques son potenciales áreas silenciosas y de buena calidad sonora. Sin embargo, son pocas las áreas verdes que consideran este aspecto en sus fases de diseño inicial o de mejoras. En el presente estudio se analiza el entorno sonoro del Parque del Príncipe y del Parque Nacional de Monfragüe. El análisis del espectro sonoro de las mediciones realizadas permitió establecer comparaciones entre ambos entornos. A pesar de las diferencias, los resultados muestran similitudes en algunas zonas con gran riqueza en biodiversidad y de fuentes sonoras naturales, pero, también, en zonas de influencia del tráfico rodado. Los usuarios del Parque del Príncipe están bastante de acuerdo en considerar su paisaje sonoro como agradable y calmado, lo cual parece estar muy relacionado con las valoraciones realizadas sobre su gran calidad y adecuación. Estos estudios pueden ser muy útiles para evaluar parques y avanzar en su diseño para conseguir entornos de gran calidad para los ciudadanos.

1. INTRODUCCIÓN

La ampliación o creación de áreas verdes debería ser uno de los aspectos incluidos en la planificación urbanística de las ciudades dados los beneficios ambientales que éstas conllevan para sus ciudadanos. Diferentes estudios muestran como la cercanía o la presencia de los parques está relacionada con una mayor calidad de vida y con una menor incidencia de diferentes problemas en la salud [1, 2].

El espacio disponible en las ciudades es muy limitado y no siempre es posible la creación de grandes parques. Los planificadores y diseñadores urbanos crean zonas verdes lineales en las grandes avenidas, diseñan patios o zonas interiores verdes entre diferentes edificios, convierten terrenos abandonados próximos a grandes infraestructuras viales en parques, acondicionan los márgenes fluviales, etc. El hecho de tener una menor extensión para crear una zona verde no significa que no vaya a satisfacer las necesidades de los usuarios [3]. Sin embargo, para ello, el diseño debe considerar aquellas características que son importantes para el objetivo que fue creado la zona verde.

El entorno sonoro es una característica ambiental que influye en la percepción de las áreas verdes [3, 4]. Por lo tanto, si no es considerada de forma adecuada, quizás, los beneficios no sean los esperados. Determinadas fuentes de agua o la presencia de algunas especies de aves pueden suponer una mejora en la percepción del entorno sonoro. Sin embargo, muchas de estas variables sólo han sido tratadas de forma cualitativa. Además, los parques son potenciales áreas silenciosas y su conservación es uno de los objetivos propuestos en la Directiva Europea de Ruido Ambiental [5].

La ciudad de Cáceres quiere aumentar, en los próximos años, las zonas peatonales y su conectividad con áreas verdes de gran relevancia y zonas de patrimonio histórico. Relacionado con este proyecto urbanístico, se llevó a cabo la ampliación de una de las principales áreas verdes de la ciudad: Parque el Príncipe. Así, la modificación de este parque constituía un marco idóneo para el objetivo de este estudio: analizar su entorno sonoro y compararlo con el presente en áreas naturales protegidas. El área natural protegida seleccionada fue el Parque Nacional de Monfragüe. Este Parque Nacional también se localiza en la provincia de Cáceres y tiene un gran reconocimiento por su gran variedad y riqueza ornitológica.

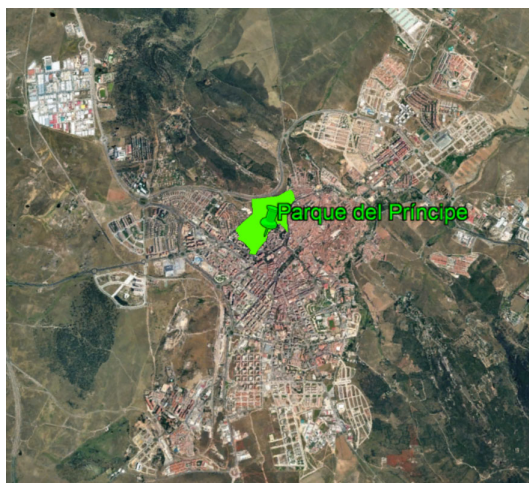
2. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el área verde urbana del Parque el Príncipe y en el Parque Nacional de Monfragüe. Ambas zonas verdes están localizadas en la provincia de Cáceres, España.

La ampliación reciente llevada a cabo en el Parque el Príncipe (26/10/2021) ha supuesto un aumento de 7 ha sobre las 20 ha iniciales (Figura 1 a). El Parque el Príncipe es una de las principales áreas de verdes de Cáceres por su extensión y antigüedad. Posee una gran variedad de especies vegetales, museo al aire libre, zonas de recreo y juego infantil, etc., además de diferentes tipos de fuentes de agua como se muestra en la Figura 2.

El Parque Nacional de Monfragüe tiene una extensión de 18.396 ha. En la Figura 1 b) se muestran las principales rutas turísticas. La ruta verde se caracteriza por ser una muestra excepcional del bosque de ribera y transcurre alrededor del Arroyo Malvecino. Por lo tanto, las fuentes de agua son predominantes en esta ruta. La ruta amarilla transcurre por zonas de dehesa y matorral alrededor del río Tiétar. Próxima a esta ruta circula una carretera comarcal. La ruta roja, en especial la zona evaluada (zona de la umbría), es un claro ejemplo de bosque mediterráneo donde es frecuente la presencia, entre otros, del pinzón común (*Fringilla coelebs*), agateador común (*Certhia brachydactyla*), herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*) y el mito (*Aegithalos caudatus*) [6].

a)



b)



Figura 1 – Localización del Parque del Príncipe (a) y principales rutas turísticas del Parque Nacional de Monfragüe (b)

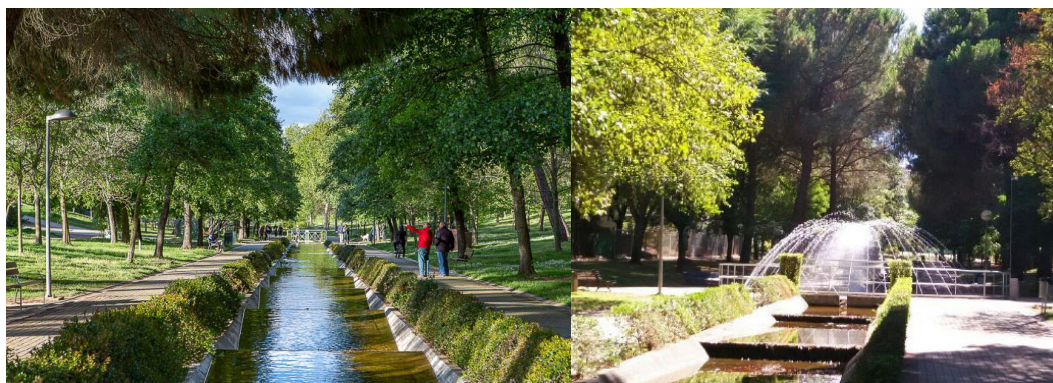


Figura 2 – Fotos de diferentes fuentes de agua localizadas en el Parque del Príncipe

Medidas acústicas y encuestas fueron llevadas a cabo simultáneamente en el Parque del Príncipe y sólo mediciones sonoras fueron realizadas en las diferentes rutas turísticas del Parque Nacional de Monfragüe. Un sonómetro-analizador de Clase 1 fue utilizado (modelo 2250 de Brüel & Kjaer) siguiendo las recomendaciones de la ISO 1996-2 con respecto al procedimiento de medida y a las condiciones meteorológicas [7]. El nivel sonoro equivalente (L_{eq} (dB)) fue analizado en el presente estudio. Las mediciones fueron realizadas durante el periodo diurno.

Con respecto a la encuesta, se utilizó un cuestionario similar al propuesto por la ISO/DIS 12913-2 en el Anexo C [8]. Para este estudio, sólo se analizaron los resultados relativos a la valoración de la calidad del entorno sonoro a partir de diferentes adjetivos. El rango de la escala utilizado fue de 1 (nada de acuerdo) a 5 (muy de acuerdo). Un total de 80 encuestas fueron realizadas.

Los valores sonoros registrados en ambas áreas verdes, banda ancha y espectro sonoro, fueron comparados. A partir de las valoraciones obtenidas para los diferentes adjetivos en el cuestionario realizado en el Parque del Príncipe, se analizó la calidad de su paisaje sonoro. Además, las dimensiones placentero (P) y azaroso (E) fueron calculadas utilizando las siguientes ecuaciones propuestas por la ISO/DIS 12913-2 [8]:

$$P = (p - a) + \cos 45^\circ \cdot (ca - ch) + \cos 45^\circ \cdot (v - m) \quad (1)$$

$$E = (e - u) + \cos 45^\circ \cdot (ch - ca) + \cos 45^\circ \cdot (v - m) \quad (2)$$

Donde: “p” es agradable, “a” es desagradable, “ca” es calmado, “ch” es caótico, “e” es lleno de eventos, “u” es estable, “v” es variable y “m” es monótono.

Las valoraciones obtenidas para los adjetivos que describen la calidad del paisaje sonoro fueron relacionadas, a través del coeficiente de correlación ρ de Spearman, con las valoraciones globales de su calidad evaluadas a través ítems en el que se les preguntaba si consideraban el entorno sonoro de “gran calidad” y “apropiado”.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios obtenidos en ambas áreas verdes no superan los recomendados por la Organización Mundial para la Salud para el periodo diurno como se muestra la Figura 3 [9]. Los valores obtenidos en el Parque del Príncipe son más uniformes, pero son significativamente mayores a los obtenidos en el Parque Nacional de Monfragüe. El rango de L_{Aeq} registrado en el Parque del Príncipe es similar a los obtenido en áreas verdes de Valdivia, Chile [10]. Sin embargo, estos niveles sonoros son inferiores a los registrados en otras ciudades europeas [11, 12]. Por lo tanto, estas áreas verdes podrían considerarse como silenciosas y quizás debería crearse un marco legislativo que pudiera conservarlas según recoge la Directiva Europea de Ruido Ambiental [5].

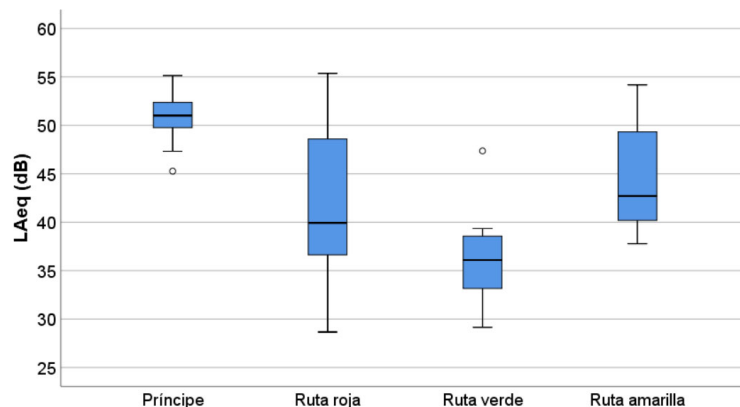


Figura 3 – L_{Aeq} (dB) registrado en el Parque del Príncipe y en las diferentes rutas del Parque Nacional de Monfragüe

Si se comparan los espectros sonoros obtenidos en ambos entornos (Figura 4 y 5), a pesar de las diferencias en los niveles, el Parque del Príncipe se asemeja al registrado en la ruta amarilla del Parque Nacional de Monfragüe, correspondiente a una zona de dehesa y matorral. En ambas áreas verdes se registra el ruido de vehículos, aunque estos circulan distantes de los puntos de medida. De hecho, se puede ver la similitud con el espectro sonoro propuesto por CNOSSOS-EU para vehículos ligeros, mostrado en la Figura 6 [13]. La ruta roja de Monfragüe presenta un espectro aproximadamente plano, pero con máximos entre las frecuencias de 2 – 4 kHz. Este resultado se debe principalmente a la significativa presencia de pájaros de pequeño tamaño cuyo canto oscila en este rango de frecuencias. La ruta verde presenta diferentes fuentes de agua (arroyos, fuentes, cascadas...) que influyen en los máximos presentados en el rango de frecuencias medias-altas. De hecho, las diferencias en las frecuencias de 2 – 4 kHz entre la Figura 4 y la Figura 5c, se debe, en gran medida, a la presencia de fuentes de agua móvil en el Parque el Príncipe (Figura 2). A pesar de que en el Parque del Príncipe también se registraron cantos de aves durante las mediciones, estos no fueron tan significativos como los registrados en el Parque Nacional de Monfragüe.

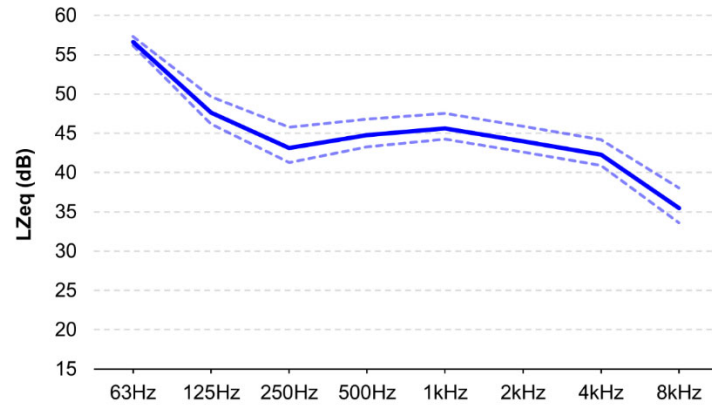


Figura 4 – Espectro sonoro registrado en el Parque del Príncipe

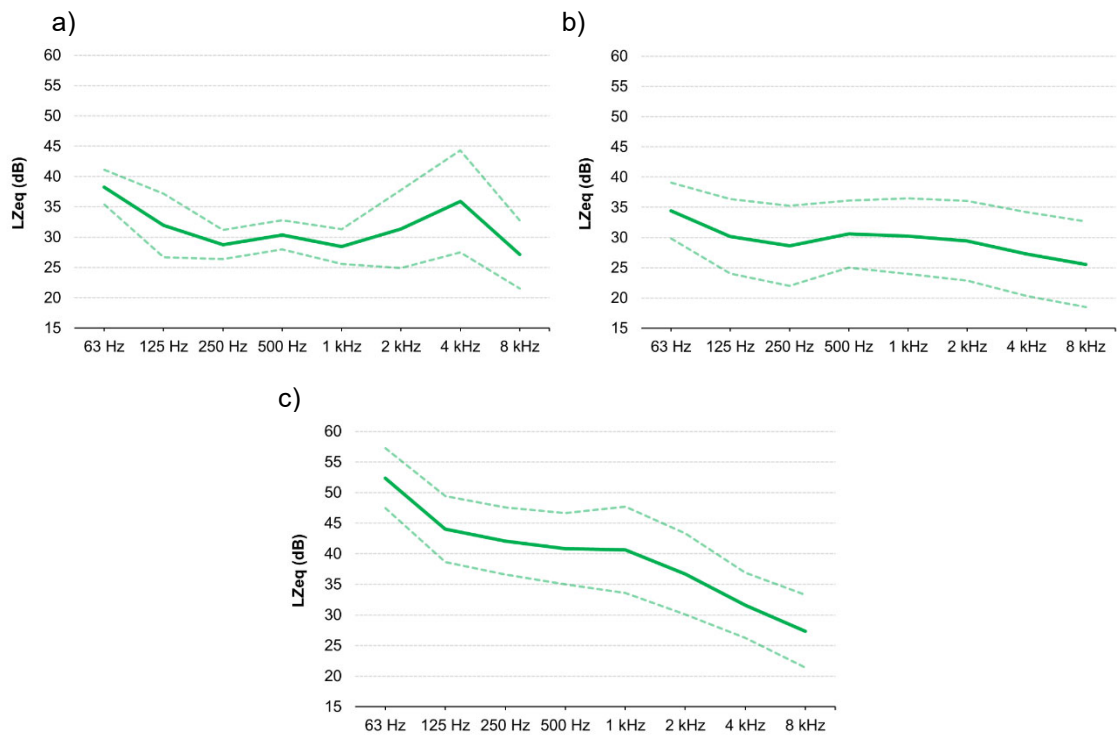


Figura 5 – Espectro sonoro registrado en las rutas roja (a), verde (b) y amarilla (c) del Parque Nacional de Monfragüe

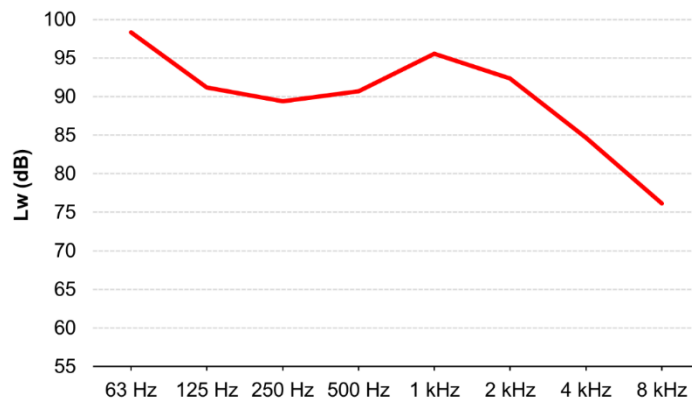


Figura 6 – Espectro sonoro de un vehículo ligero para una velocidad de 50 km/h [13]

A continuación, además de estudiar objetivamente el entorno sonoro, se analizó la percepción que los usuarios del Parque del Príncipe tenían de su paisaje sonoro a partir de la valoración de diferentes adjetivos. La distribución de sus valores se muestra en la Figura 7.

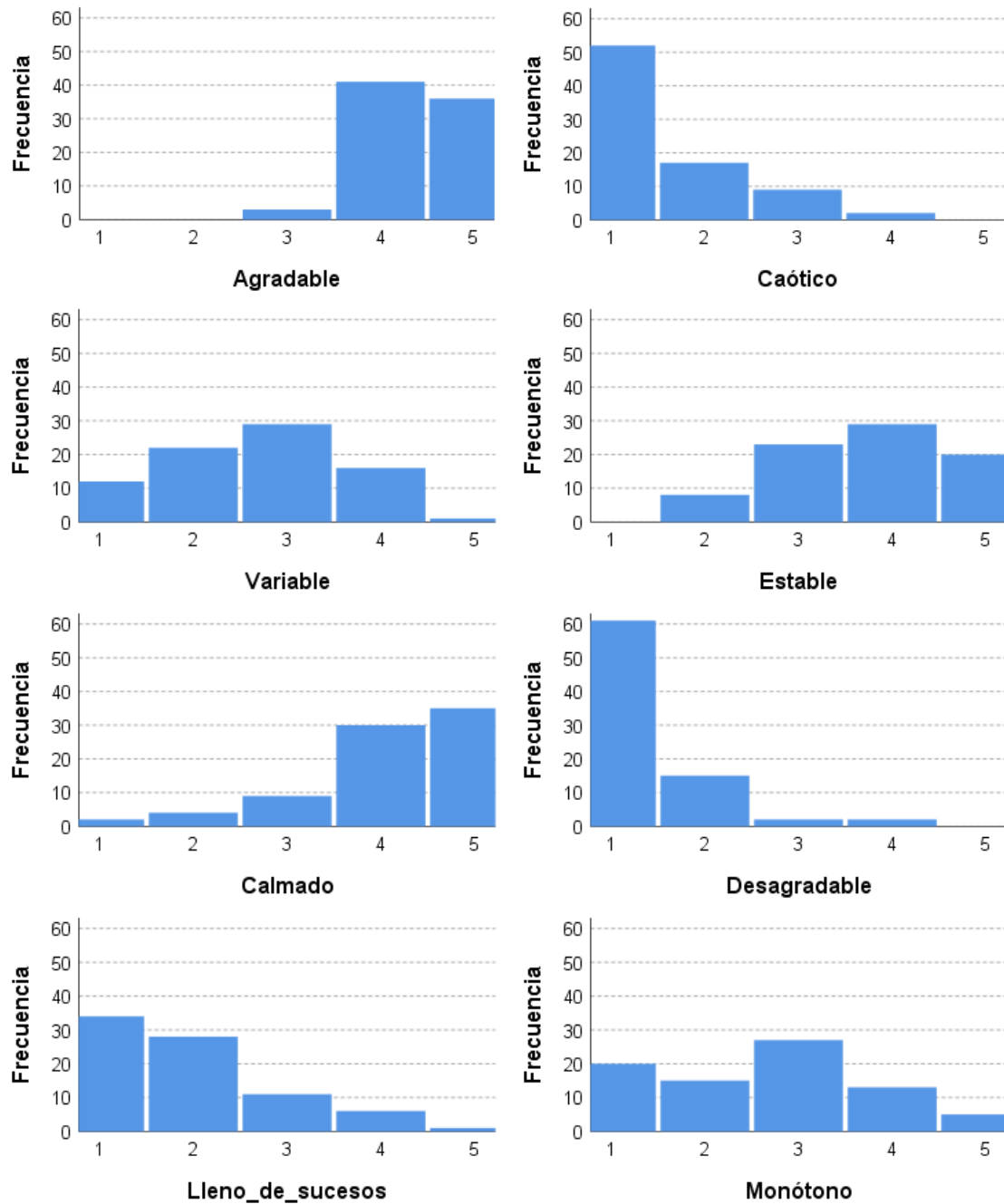


Figura 7 – Distribución de los valores otorgados a los diferentes adjetivos utilizados para valorar el paisaje sonoro del Parque del Príncipe

Los adjetivos que reciben un mayor porcentaje de valoraciones elevadas son agradable, estable y calmado y, por lo tanto, aquellos menos valorados son desagradable, caótico y lleno de eventos. Los adjetivos variable y monótono obtienen valoraciones intermedias. Estas valoraciones conllevan a que, en un estudio de dimensiones, la valoración del paisaje sonoro del Parque del Príncipe se encuentre en el cuadrante formado por los adjetivos agradable y estable sobre el eje del adjetivo calmado (Figura 8). Estos entornos placenteros y calmados son óptimos para realizar actividades de relax. De hecho, en algunas estaciones, las actividades de meditación y yoga son frecuentes en este parque.

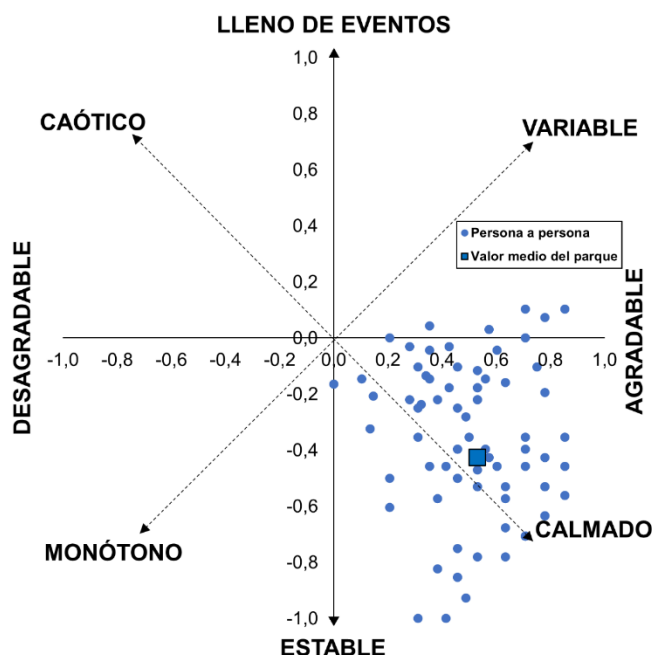


Figura 8 – Análisis de las dimensiones del paisaje sonoro según la ISO/DIS 12913-2.

Por último, se preguntó a los usuarios del Parque del Príncipe si consideraban el paisaje sonoro presente en esta área verde de gran calidad y apropiado. Se obtuvieron valoraciones muy elevadas con respecto a estas cualidades, con valores medios entre 4,5 y 5 (Figura 9). Estas valoraciones están en consonancia con las buenas valoraciones obtenidas en estudios previos a la ampliación del parque [3, 4].

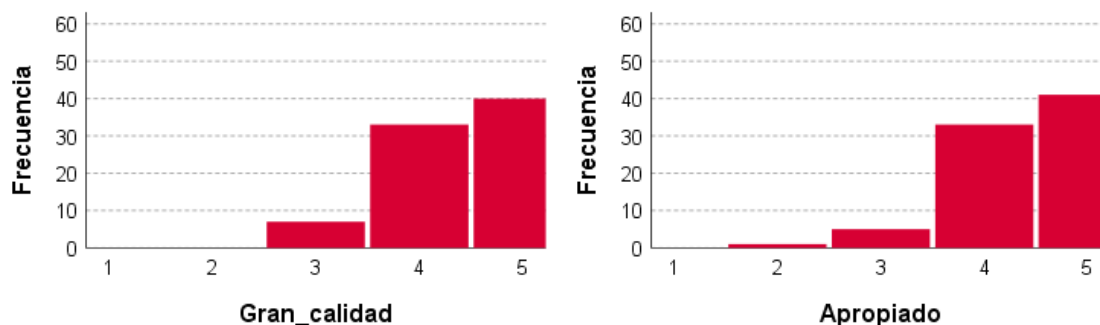


Figura 9 – Distribución de las valoraciones a la gran calidad y a lo apropiado del paisaje sonoro del Parque del Príncipe.

En un análisis de correlación entre los adjetivos y valoraciones globales otorgadas al paisaje sonoro del Parque del Príncipe, los adjetivos “agradable” ($\rho_{gran_calidad} = 0,56^{***}$, $\rho_{apropiado} = 0,44^{***}$) y “calmado” ($\rho_{gran_calidad} = 0,46^{***}$, $\rho_{apropiado} = 0,40^{***}$) fueron aquellos que presentaron un mayor coeficiente de correlación con respecto a la consideración del paisaje sonoro de “gran calidad” y “apropiado”. A pesar de que, en los estudios actuales de paisaje sonoro, se han ampliado las dimensiones a la hora de analizar su calidad, el adjetivo agradable sigue siendo el mejor estimador de su calidad.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran como el adecuado diseño de áreas verdes urbanas pueden tener su beneficio en la calidad y en la percepción de su entorno sonoro. El Parque del Príncipe, localizado en la ciudad de Cáceres, a pesar de la ampliación

recientemente realizada, presenta niveles sonoros aceptables y un espectro sonoro con similar forma al registrado en zonas de dehesa y matorral en el Parque Nacional de Monfragüe. Además, también presenta similitudes, para algunos rangos de frecuencias, con otras zonas de gran biodiversidad y presencia de fuentes naturales de agua. La calidad de estos indicadores acústicos objetivos también se ve reflejado en la percepción del paisaje sonoro que tienen los usuarios del Parque del Príncipe. Así, los usuarios están bastante de acuerdo en valorar el paisaje sonoro como agradable, estable y calmado, además de considerarlo de gran calidad y apropiado para este tipo de entornos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto de I+D+i PID2020-114199RA-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.



Este proyecto ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Junta de Extremadura, Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital (Ayuda GR21061). G.R.G. agradece la financiación de la Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital de la Junta de Extremadura a través de ayudas para la atracción y retorno del talento investigador a los centros de I+D+i del Sistema Extremeño de Ciencia, Tecnología e Innovación (TA18019), donde la Universidad de Extremadura es la entidad beneficiaria.



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa



Este estudio también es parte del proyecto de I+D+i AV-6, financiado por la Diputación de Cáceres.



REFERENCIAS

- [1] Zare Sakhvidi, M.J.; Yang, J.; Mehrparvar, A.H.; Dzhambov, A.M.; Ebrahimi, A.; Dadvand, P.; Jacquemin, B. Exposure to greenspace and cancer incidence, prevalence, and mortality: A systematic review and meta-analyses. *Science of the Total Environment*, 838, 2022, 156180.
- [2] Knobel, P.; Maneja, R.; Bartoll, X.; Alonso, L.; Bauwelinck, M.; Valentin, A.; Zijlema, W.; Borrell, C.; Nieuwenhuijsen, M.; Dadvand, P. Quality of urban green spaces influences residents' use of these spaces, physical activity, and overweight/obesity. *Environmental Pollution*, 271, 2021, 116393.
- [3] Rey Gozalo, G.; Barrigón Morillas J.M.; Montes González D. Perceptions and use of urban green spaces on the basis of size. *Urban Forestry & Urban Greening*, 46, 2019, 126470.

- [4] Rey Gozalo, G.; Barrigón Morillas J.M.; Montes González D.; Atanasio Moraga P. Relationships among satisfaction, noise perception, and use of urban green spaces. *Science of the Total Environment*, 624, 2018, 438-450.
- [5] European Commission. *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise (END)*. Official Journal L 189 12–26, European Parliament and the Council of the European Union, Brussels (Belgium), 2002.
- [6] Pérez-González, J.; Rey Gozalo, G.; Montes González, D.; Hidalgo de Trucios, S.J.; Barrigón Morillas, J.M. Are quartzite scree slopes used by birds to promote sound transmission in the Mediterranean forest? *Animal Biodiversity and Conservation*, 44 (2), 2021, 175-184.
- [7] ISO 1996-2. *Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise. Part 2: Determination of Environmental Noise Levels*. International Organization for Standardization, Ginebra (Suiza), 2017.
- [8] ISO/DIS 12913-2. *Acoustics — Soundscape — Part 2: Data collection and reporting requirements*. International Organization for Standardization, Geneva, 2017.
- [9] WHO (World Health Organization). *Guidelines for community noise*, Berglund, B.; Lindvall, T.; Schwela, D.H.; Goh, K.T.; Ginebra (Suiza), 1999.
- [10] Salinas, F.E. Estudio de Paisaje Sonoro a partir de la Relación entre Parámetros Psicoacústicos y la Percepción Humana. *X Congreso Internacional de Acústica y Audio Profesional - INGEACUS 2020*, pp. 46–53. Valdivia (Chile), 17-20 November, 2020.
- [11] Brambilla, G.; Gallo, V.; Zambon, G. The Soundscape Quality in Some Urban Parks in Milan, Italy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, 2013, 2348–2369.
- [12] Irvine, K.N.; Devine-Wright, P.; Payne, S.R.; Fuller, R.A.; Painter, B.; Gaston, K.J. Green space, soundscape and urban sustainability: an interdisciplinary, empirical study. *Local Environment*, 14(2), 2009, 155–172.
- [13] Commission Delegated Directive (EU) 2021/1226 of 21 December 2020 amending, for the purposes of adapting to scientific and technical progress, Annex II to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council as regards common noise assessment methods. Brussels: The European Parliament and the Council of the European Union; 2021.