



## PAISAJE SONORO EN JARDINES BOTÁNICOS URBANOS

Guillermo Rey-Gozalo<sup>1\*</sup>  
David Montes González<sup>1</sup>  
Carlos Iglesias-Merchan<sup>2</sup>  
Juan Miguel Barrigón Morillas<sup>1</sup>  
Rosendo Vilchez-Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lambda, Departamento de Física Aplicada, INTERRA, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, 10003 Cáceres, España

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental, E.T.S.I. Montes, Forestal y Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

### RESUMEN

El paisaje sonoro de los jardines botánicos urbanos no es una característica que suele ser prioritaria en su diseño, mantenimiento e, incluso, en la mayoría de los casos, tampoco es considerado en el proceso de evaluación de la satisfacción de sus usuarios. La conservación y la diversidad de especies vegetales de los jardines botánicos es un factor que habitualmente contribuye positivamente en la percepción de sus características; sin embargo, merece la pena plantearse si su entorno sonoro puede ser un aspecto que influya sobre la percepción y la satisfacción de sus visitantes, especialmente teniendo en cuenta las actividades frecuentes de aprendizaje y reconocimiento de especies vegetales que se llevan a cabo en estos jardines. En el presente trabajo se analizaron los entornos sonoros del Real Jardín Botánico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y del Real Jardín Botánico Alfonso XIII de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Para ello, se llevaron a cabo, simultáneamente, registros sonoros y encuestas a los usuarios. Un estudio de su estado fue también realizado considerando las parejas de adjetivos sugeridas en la ISO 12913. Los resultados muestran que el entorno sonoro en estas áreas verdes urbanas es una característica que puede ser relevante en la percepción global de sus visitantes.

### ABSTRACT

The soundscape of urban botanical gardens is not a feature that is usually prioritized in their design, maintenance and, in most cases, it is not even considered in the process of evaluating user satisfaction. The conservation and diversity of

plant species in botanical gardens is a factor that usually contributes positively to the perception of their characteristics; however, it is worth considering whether their sound environment can be an aspect that influences the perception and satisfaction of visitors, especially considering the frequent learning and recognition activities of plant species that take place in these gardens. In this study, the soundscapes of the CSIC - Real Jardín Botánico and the Real Jardín Botánico Alfonso XIII of the Universidad Complutense de Madrid were analyzed. To do this, sound recordings and surveys of users were carried out simultaneously. A study of its state was also conducted considering the pairs of adjectives suggested in ISO 12913. The results show that the sound environment in these urban green areas is a feature that can be relevant in the overall perception of visitors.

**Palabras Clave**— Áreas verdes urbanas, paisaje sonoro, ruido urbano.

### 1. INTRODUCCIÓN

La relación entre las áreas verdes urbanas y los beneficios en la salud y la calidad de vida ha sido mostrada en una amplia variedad de estudios realizados en diferentes ciudades y países. De hecho, la Organización Mundial de la Salud, publicó un informe en el año 2016, *Urban green spaces and health*, donde hace una recopilación de resultados y estudios relacionados con esta temática [1]. Sin embargo, a pesar de la constatación de esta relación, no está tan claro cuáles son las variables influyentes y cuál es su grado de contribución en esta relación [2]. Gran parte de la investigación se ha centrado en los estímulos visuales que producen las áreas verdes, pero, el entorno sonoro también es una característica importante. La

\* **Autor de contacto:** guille@unex.es

**Copyright:** ©2023 G. Rey-Gozalo et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

mayoría de las áreas verdes urbanas han sido diseñadas sin considerar la calidad del entorno sonoro. Los jardines japoneses presentan una alta satisfacción debido a la consideración del sonido y otras experiencias sensoriales [3].

Considerando lo anterior, en este estudio, se planteó el objetivo general de analizar el entorno sonoro de jardines botánicos donde hay un especial cuidado de las especies vegetales y, en general, de su entorno estético. Además, la diversidad de especies vegetales muestra una asociación positiva con la percepción de los entornos verdes [4]. Dentro de este objetivo general, se planteó como objetivo específico: analizar la interacción entre la satisfacción con la estética del entorno, con el entorno sonoro y con la satisfacción global con las características de los jardines. Otro de los objetivos específicos fue analizar el entorno sonoro tanto desde el punto de vista físico - objetivo, como también desde el punto de vista subjetivo (paisaje sonoro). Para evaluar el paisaje sonoro se siguieron las recomendaciones de la ISO/TS 12913-2.

Las áreas verdes urbanas son espacios públicos donde los usuarios llevan a cabo actividades que pueden tener beneficios en la salud y calidad de vida. Además, los jardines botánicos son áreas para el conocimiento y aprendizaje de las diferentes especies vegetales. La calidad del entorno sonoro puede influenciar en el desarrollo de estas actividades. Por lo tanto, también en este estudio se estudió el efecto del ruido en las actividades que, principalmente, desarrollaban los usuarios en los jardines botánicos.

## 2. METODOLOGÍA

El Real Jardín Botánico (RJB-CSIC) y el Real Jardín Botánico (RJB) de Alfonso XIII (Universidad Complutense de Madrid) fueron seleccionados para este estudio. Ambos se localizan en la ciudad de Madrid con una extensión de 6 y 8 ha, respectivamente (Figura 1). El RJB Alfonso XIII se localiza en el distrito municipal Moncloa-Aravaca y su acceso es gratuito. Sin embargo, El RJB-CSIC está ubicado en el distrito Retiro y el acceso tiene un coste económico, aunque los martes de 10:00 a 13:00 es de acceso gratuito.



Figura 1. Localización de los jardines botánicos analizados

Se localizaron diferentes puntos de muestreo en los jardines botánicos considerando los diferentes entornos acústicos existentes (5 puntos en RJB-CSIC y 4 puntos en el RJB-Alfonso XIII). Mediciones, grabaciones binaurales y encuestas se realizaron simultáneamente en diferentes periodos horarios durante el día. Se descartó algún evento sonoro anómalo y puntual durante la caracterización de estos entornos sonoros [5, 6]. Las mediciones fueron realizadas con un sonómetro de tipo 1 siguiendo las recomendaciones de la ISO 1996-2 con respecto a la localización, condiciones de entorno y tiempo de medida [7]. Se utilizó la ISO/TS 12913-2 como referencia para las grabaciones binaurales y encuestas. La encuesta incluía las preguntas respectivas al paisaje sonoro recomendadas en esta normativa, pero también otras relacionadas con los efectos negativos del ruido que han sido analizadas en estudios previos [8]. Se utilizó una escala de valoración impar de 11 ítems (0 – 10) excepto para la valoración de los adjetivos que describen el paisaje sonoro que fue de 9 ítems (1 – 9). Los participantes de la encuesta aceptaron un consentimiento informado de acuerdo a la Declaración de Helsinki y su contenido fue aprobado por el comité de ética y bioética de la Universidad de Extremadura (referencia 47//2023)

Una muestra preliminar de las encuestas realizadas se analiza en este estudio: 50 encuestas del RJB-CSIC y 30 encuestas del RJB – Alfonso XIII. Con respecto a los indicadores acústicos, sólo se muestran los resultados obtenidos para el nivel de presión sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ).

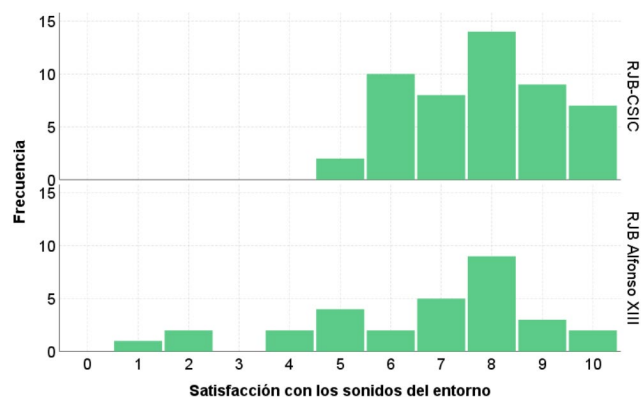
## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los valores medios obtenidos en las preguntas respectivas a la satisfacción por la estética, entorno sonoro y para el global de las características se muestran en la Tabla 1. La satisfacción de los usuarios a estas características, considerando la escala utilizada de 0 – 10, es bastante buena en ambos jardines botánicos. Era un resultado esperable considerando el mantenimiento y cuidado de estos espacios verdes. A pesar de los buenos valores de satisfacción en ambos parques, la estética y el entorno sonoro del RJB – CSIC es significativamente mejor valorada que en el RJB – Alfonso XIII como se muestra en la Figura 2 ( $p$ -valor < 0,05 según  $U$  de Mann-Whitney). Ahora bien, si se consideran la totalidad de características de ambos jardines, los valores medios de la satisfacción de los usuarios no presentan diferencias significativas, como se muestra en la Figura 3 ( $p$ -valor > 0,05 según  $U$  de Mann-Whitney). La mayor cantidad y diversidad de especies vegetales y el mayor cuidado y mantenimiento pueden haber influido en esta valoración visual de estos entornos. Con respecto al entorno sonoro, los valores sonoros registrados en ambos jardines son similares ( $p$ -valor > 0,05 según la  $U$  de Mann-Whitney), e incluso un poco superiores para el RJB – CSIC, como se muestra en la Figura 4.

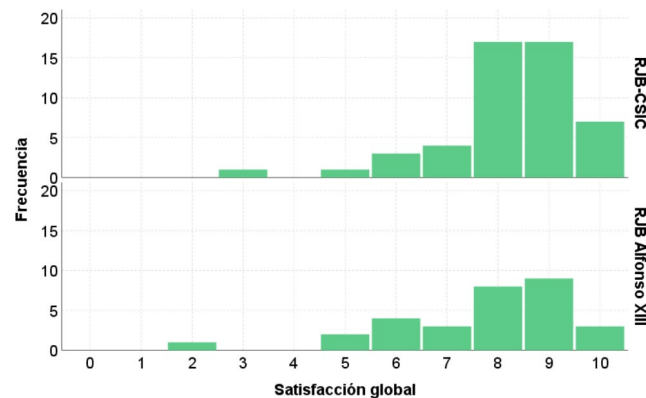
Los usuarios presentan mayor satisfacción por la estética de los jardines que por el entorno sonoro. Esta mayor satisfacción sólo es significativamente mayor en el caso del RJB-CSIC ( $p$ -valor  $< 0,05$  según  $U$  de Mann-Whitney). El cuidado de estos jardines se centra, principalmente, en la conservación de especies vegetales y, aunque la presencia de vegetación y fuentes de agua puede beneficiar a una mayor presencia de fuentes sonoras naturales, la calidad del entorno sonoro no es un objetivo principal de estos jardines.

**Tabla 1.** Valores medios obtenidos para la percepción de la estética, sonidos y global de las características de los jardines botánicos

| Parque      | Estadístico | Global | Estética | Sonidos |
|-------------|-------------|--------|----------|---------|
| RJB CSIC    | Mediana     | 8,0    | 9,0      | 8,0     |
|             | Promedio    | 8,3    | 8,4      | 7,8     |
| RJB Alfonso | Mediana     | 8,0    | 7,5      | 7,0     |
|             | Promedio    | 7,7    | 7,1      | 6,6     |



**Figura 2.** Satisfacción con el entorno sonoro de los jardines botánicos



**Figura 3.** Satisfacción global con las características de los jardines botánicos

A continuación, se analizó la relación entre las diferentes características evaluadas, estética y sonidos, con respecto a la satisfacción global, a través del coeficiente de correlación  $Rho$  de Spearman. Una mayor correlación obtuvo la característica estética en ambos jardines con respecto a la satisfacción global (Tabla 2); aunque ambos coeficientes de correlación son muy significativos, lo que denota la importancia de ambos entornos (visual y sonoro) en la valoración de la satisfacción global proporcionada por estas áreas verdes.

Hay que tener cuidado a la hora de establecer una relación de causa efecto cuando sólo se considera una única variable, pues en esta relación puede haber otras variables que actúen de moderadores. Por ello, se llevó a cabo una correlación parcial utilizando la variable sonido o estética como moderadora. Los resultados presentados en la Tabla 2 muestran una interacción significativa entre ambas variables y el efecto significativo que tiene una sobre la otra. Por lo tanto, el efecto de estas dos variables (visual y sonora) deben ser consideradas simultáneamente si se desea cuantificar de forma adecuada su efecto sobre la percepción global; aunque los resultados indican que, en estos jardines botánicos, la variable estética tiene mayor relevancia que el entorno sonoro a la hora de valorar globalmente las características del jardín. No obstante, el efecto del entorno sonoro es muy significativo, por lo que se debería considerar si queremos mejorar o conservar la satisfacción de estas áreas verdes.

**Tabla 2.** Coeficiente de correlación  $Rho$  de Spearman obtenido de las relaciones entre la satisfacción con la estética, sonidos y global de las características para ambos jardines botánicos.

| Parque      | $Rho$  | Estética             | Sonidos              |
|-------------|--------|----------------------|----------------------|
| RJB CSIC    | Global | 0,722***             | 0,633***             |
| RJB Alfonso |        | 0,669***             | 0,646***             |
| RJB CSIC    |        | Estética (- Sonidos) | Sonidos (- Estética) |
| RJB Alfonso |        | 0,509***             | 0,366**              |
| RJB Alfonso |        | 0,440*               | 0,386*               |

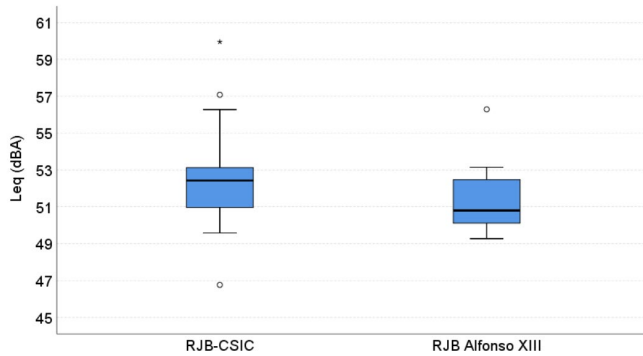
\*\*\*  $p$ -valor  $< 0,001$

\*\*  $p$ -valor  $< 0,01$

\*  $p$ -valor  $< 0,05$

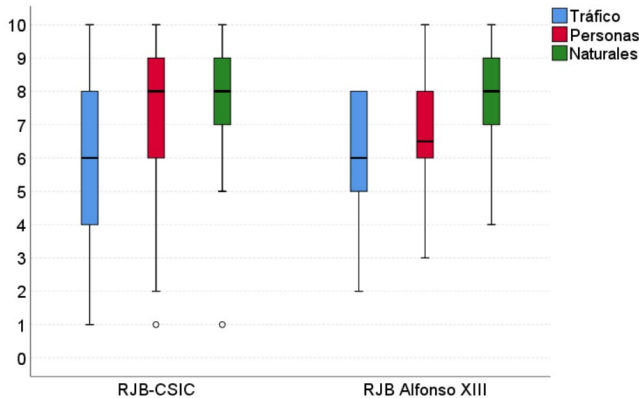
El análisis del entorno sonoro, desde el punto de vista objetivo y subjetivo, era otro de los hitos del presente estudio. La Figura 4 muestra que el mayor porcentaje de valores sonoros registrados, en ambos parques, están en torno a 50 – 53 dBA. Si bien no superan el límite de los 53 dBA considerado por la Organización Mundial de Salud (OMS) para el tráfico rodado [9], están por encima de los 45 dBA recomendados

para los entornos silenciosos por la Agencia Europea de Medio Ambiente [10].



**Figura 4.** Niveles sonoros registrados durante el periodo diurno en ambos jardines botánicos.

A diferencia de otros entornos urbanos, en estos jardines botánicos, las fuentes sonoras naturales y las personas, a pesar de que no hay grandes diferencias, son oídas con más frecuencia que el tráfico rodado, como se muestra en la Figura 5. De todas maneras, el tráfico rodado es también frecuentemente oído por los usuarios. El tráfico rodado es una fuente de ruido omnipresente en todas las ciudades [11, 12].

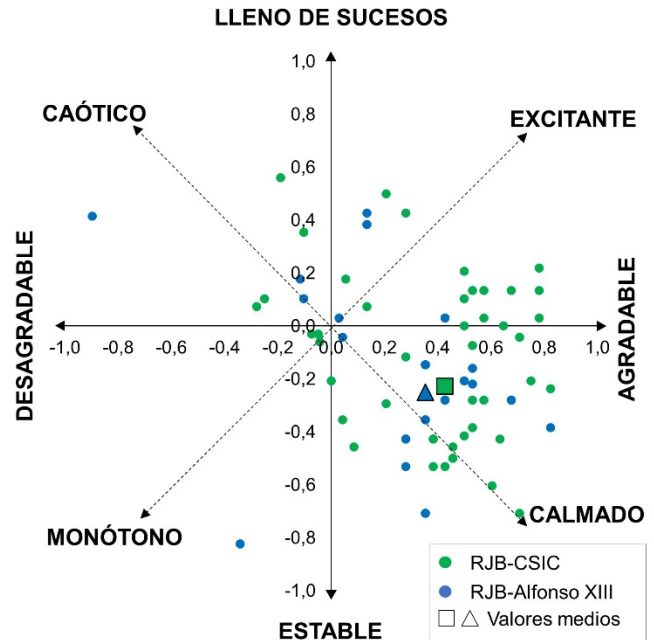


**Figura 5.** Valoración de 0 a 10 según se oyen las fuentes sonoras del tráfico, personas y naturales.

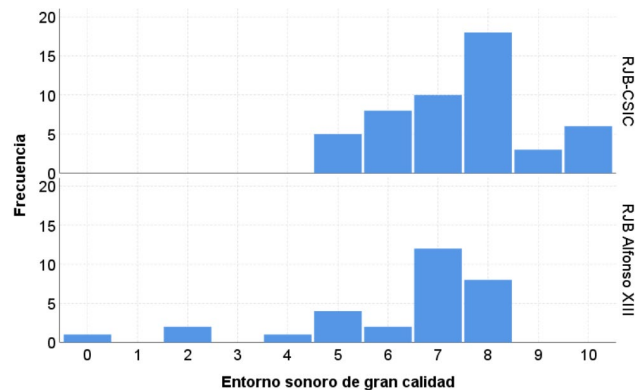
Con respecto a los adjetivos propuestos en la ISO/TS 12913-2, estos entornos son valorados como lleno de sucesos, excitante, estable, calmado y agradable (Figura 6). Considerando un valor medio, estaría entre los adjetivos calmado y agradable. Resultados promedios similares se han obtenido en estudios anteriores realizados en parques de la ciudad de Cáceres [13]. Sin embargo, a diferencia de estos estudios previos, hay una mayor dispersión en las valoraciones de los usuarios en estos jardines botánicos.

Finalmente, con respecto al paisaje sonoro, se les preguntó a los usuarios para que valoraran si estos entornos sonoros los consideraban de gran calidad. El valor medio otor-

gado al entorno sonoro del RJB-CSIC (7,5) fue significativamente superior al del RJB – Alfonso XIII (6,3). La Figura 7 muestra también una mayor variabilidad en las valoraciones en el RJB – Alfonso XIII, asignando, algunos usuarios, valoraciones muy bajas a este entorno sonoro.



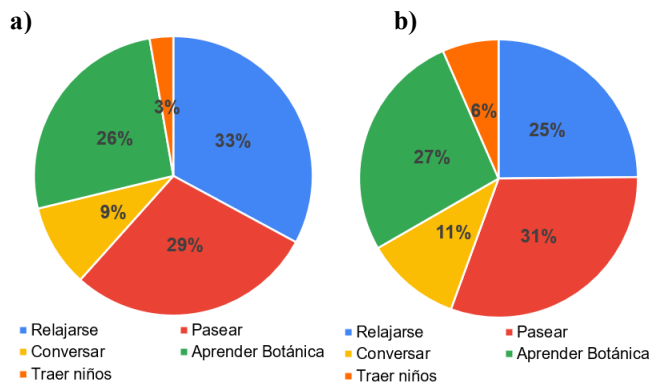
**Figura 6.** Análisis de las dimensiones del paisaje sonoro según la ISO/DIS 12913-2.



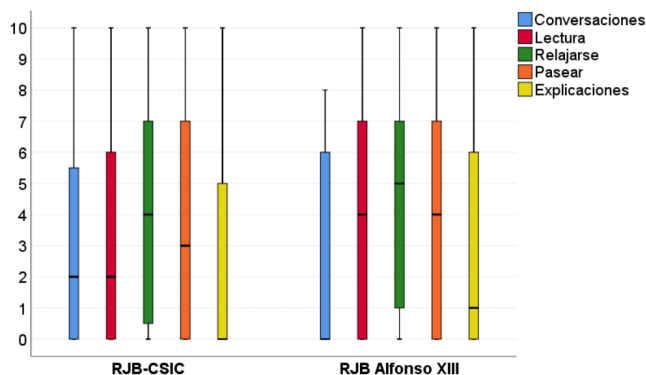
**Figura 7.** Valoración de 0 a 10 si el entorno sonoro del jardín botánico es de gran calidad

El último objetivo de este trabajo, dado el efecto que puede tener el uso que hacen los usuarios de las áreas verdes en su salud y bienestar, fue analizar la frecuencia de diferentes actividades y el efecto del ruido sobre ellas. La Figura 8 muestra cómo las principales actividades, en ambos parques, son relajarse, pasear e ir a conocer especies vegetales. Las actividades de relajación o de aprendizaje implican una necesidad de

los usuarios de estar expuestos a un nivel de ruido lo suficientemente bajo como para que no interfiera negativamente en su desarrollo. La Figura 9 muestra cómo las actividades de relajación y de pasear son las más afectadas por el ruido. Sin embargo, las explicaciones de los guías botánicos no se ven afectadas por el ruido. Quizás, las explicaciones de los guías o las conversaciones de los usuarios, fuente sonora frecuente en estos entornos, como mostraba la Figura 5, interfieran en la percepción del entorno de los usuarios cuando estos sólo van a realizar actividades de relajación y de paseo. Los valores de molestia a la actividad de relax son intermedios. Por ello, sería importante llevar algunas acciones para mejorar el entorno sonoro en estos aspectos.



**Figura 8.** Actividades que llevan a cabo los usuarios en el RJB-Alfonso XIII (a) y en el RJB-CSIC (b)



**Figura 9.** Grado de molestia del ruido en las actividades de los usuarios de los jardines botánicos

#### 4. CONCLUSIONES

El entorno sonoro es una característica que influye, significativamente, tanto en la percepción visual como en la valoración global de los jardines botánicos urbanos. Por ello, debería ser una característica a considerar, tanto en su diseño como en su mantenimiento.

Los niveles sonoros registrados serían aceptables si se considerase un entorno urbano donde el tráfico rodado fuera

la principal fuente sonora; sin embargo, están presentes frecuentemente fuentes naturales y, por lo tanto, dista de los 45 dBA recomendados para áreas tranquilas.

El paisaje sonoro de ambos jardines botánicos, a pesar de la variabilidad en los adjetivos otorgados por las personas encuestadas, en promedio, pueden considerarse entornos sonoros calmados y agradables.

Actividades de relajación y pasear, frecuentemente realizadas por los usuarios de estos entornos verdes, se ven afectadas, de manera intermedia, por el entorno sonoro presente. Por ello, como mejora posible de la calidad de los servicios ofrecidos por estas zonas verdes, sería adecuado tomar medidas para reducir los ruidos molestos procedentes de sus propios usuarios y del tráfico rodado.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

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



Los autores quieren agradecer la ayuda y colaboración de Irene Fernández de Tejada de Garay, Nuria Prieto Ruiz, Marino Sánchez García y Nacho Ruiz del Árbol Crehuet del Real Jardín Botánico – CSIC y a Lorena María García Álvarez y Juan Carlos Marín Blanco del Real Jardín Botánico Alfonso XIII – UCM por permitirnos el acceso, ayudarnos en la realización de las encuestas y en la instalación de equipos de grabación.

#### 6. REFERENCIAS

- [1] World Health Organization (WHO), *Urban green spaces and health*, WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen, 2016.
- [2] K. Uebel, M. Marselle, A.J. Dean, J.R. Rhodes, A. Bonn, “Urban green space soundscapes and their perceived restorativeness,” *People and Nature*, 3, 756–769, 2021.
- [3] G. Cerwén, “Listening to japanese gardens: An autoethnographic study on the soundscape action design tool,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 23, 4648, 2019.
- [4] D. Ilie, S. Cosmulescu, “Spontaneous Plant Diversity in Urban Contexts: A Review of Its Impact and Importance,” *Diversity*, 15, 277, 2023.
- [5] D. Montes González, J.M. Barrigón Morillas, G. Rey-Gozaló, “Different types of criteria for dealing with anomalous noise events in urban environments under stable road traffic flow conditions,” *Applied Acoustics*, 204, 109241, 2023.

[6] C. Prieto Gajardo, J.M. Barrigón Morillas, V. Gómez Escobar, R. Vilchez-Gómez, G. Rey Gozalo, “Effects of singular noisy events on long-term environmental noise measurements,” *Polish Journal of Environmental Studies*, 23, 6, 2007–2017, 2014.

[7] D. Montes González, J.M. Barrigón Morillas, G. Rey Gozalo, “Microphone position and noise exposure assessment of building façade,” *Applied Acoustics*, 160, 107157, 2020.

[8] D. Montes González, J.M. Barrigón Morillas, G. Rey-Gozalo, “Effects of noise on pedestrians in urban environments where road traffic is the main source of sound,” *Science of the Total Environment*, 857, 159406, 2023.

[9] World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe, *Environmental noise guidelines for the European Region*. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2018.

[10] European Environment Agency (EEA), *Quiet areas in Europe – The environment unaffected by noise pollution*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016.

[11] G. Rey Gozalo, V. Gómez Escobar, “Uncertainty evaluation of road traffic noise models in two Ibero-American cities,” *Applied Acoustics*, 180, 108134, 2021.

[12] G. Rey Gozalo, E. Suárez, A.L. Montenegro, J.P. Arenas, J.M. Barrigón Morillas, D. Montes González, “Noise estimation using road and urban features,” *Sustainability*, 12, 9217, 2020.

[13] G. Rey Gozalo, D. Montes González, F.J. Castellano Cifuentes, P. Atanasio Moraga, J. Pérez González, S.J. Hidalgo de Trucios, “Análisis del entorno sonoro de espacios verdes urbanos y protegidos,” en el 53º Congreso Español de Acústica, XII Congreso Ibérico de Acústica, Tecniacústica 2022, (Elche, España), pp. 234–242, 2022.