

# ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LA VEGETACIÓN Y LA ATENUACIÓN DE RUIDO EN PERÚ

Redel-Macías M.D.<sup>1</sup>, Moreno R., Zamora R., Nery A., Galán C.

<sup>1</sup>Universidad de Córdoba

{mdredel@uco.es, ig1zadir@uco.es, z82mogar@uco.es, aneryfi@cientifica.edu.pe, bv1gasoc@uco.es}

## Resumo

El estudio de la vegetación en las ciudades de Perú y su impacto en la reducción del sonido es de vital importancia en el contexto urbano actual. Durante un año, se llevó a cabo una investigación exhaustiva que implicó la medición continua del ruido en diversos puntos de la ciudad. Los resultados revelaron un vínculo significativo entre la presencia de vegetación y la disminución de los niveles de ruido en el entorno urbano.

La metodología empleada incluyó la creación de mapas detallados que permitieron localizar con precisión las áreas de vegetación en toda la ciudad. Estos mapas, junto con los datos recopilados sobre el ruido, proporcionaron una visión integral de la relación entre la vegetación y los niveles de sonido en Perú.

Los hallazgos del estudio demostraron que la vegetación ejerce una influencia positiva en la reducción del ruido urbano. Las zonas con una mayor cobertura vegetal mostraron niveles significativamente más bajos de ruido en comparación con aquellas áreas menos arboladas o sin vegetación. Este efecto se observó tanto en áreas residenciales como comerciales, lo que resalta la importancia de la vegetación en la mitigación del ruido en diversos contextos urbanos.

**Palabras clave:** espacios verdes urbanos, acústica ambiental, contaminación.

## Abstract

The study of vegetation in the cities of Peru and its impact on noise reduction is of vital importance in the current urban context. Over the course of a year, a comprehensive investigation was conducted that involved continuous noise measurement at various points in the city. The results revealed a significant link between the presence of vegetation and the reduction of noise levels in the urban environment.

The methodology employed included the creation of detailed maps that accurately pinpointed the areas of vegetation throughout the city. These maps, along with the data collected on noise, provided a comprehensive view of the relationship between vegetation and noise levels in Peru.

The findings of the study demonstrated that vegetation has a positive influence on reducing urban noise. Areas with greater vegetation coverage showed significantly lower noise levels compared to those with less or no vegetation. This effect was observed in both residential and commercial areas, highlighting the importance of vegetation in mitigating noise in various urban contexts.

**Keywords:** urban green spaces, environmental acoustics, pollution.

**PACS no. 43.50.Rq**

## 1 Introducción

A nivel mundial, las ciudades están creciendo a un ritmo alto, ejerciendo presión sobre la infraestructura existente y los recursos, por una planificación que busca satisfacer las necesidades a corto plazo de la población, generando una asignación desigual de recursos, provocando problemas y riesgos ambientales que se acrecientan con el cambio climático, provocando más días con niveles de contaminación del aire peligrosos, contaminación acústica, aumentos de temperatura y sus consiguientes problemas de salud [1-3].

A pesar de este rol influyente de los procesos de urbanización en los problemas ambientales, las ciudades puede ser también parte de las soluciones a las crisis ambientales si consideramos que concentran una alta densidad de personas, implicando una mayor eficiencia desde el punto de vista del uso del suelo y consumo de energía, y una gestión más eficaz de los recursos naturales [4].

En este contexto, las áreas verdes urbanas toman cada vez mayor relevancia en la lucha contra el cambio climático y generación de elementos mitigadores de sus efectos [5]. Esto gracias a los múltiples servicios ecosistémicos que prestan, como el secuestro y fijación de carbono, la atenuación de aguas pluviales, la generación de oxígeno, el hábitat para la vida silvestre, la reducción de contaminantes de GEI y del ruido [6],[7].

La contaminación atmosférica y acústica son las mayores preocupaciones sobre la calidad de vida de las personas urbanas [8-10]. El ruido ha sido vinculado al mayor riesgo de problemas fisiológicos y psicológicos de la salud, siendo señalada como uno de los entre los principales peligros ambientales para la salud [11], [12].

La distribución de la contaminación acústica en cada ciudad del mundo está necesariamente influenciada por su propio diseño [13]. Los parques urbanos son uno de los temas típicos del diseño de espacios abiertos y juegan un papel importante en la vida diaria de los ciudadanos [14].

Estos efectos positivos, aún no son identificados, determinados y utilizados con claridad y de forma sistemática en la gestión urbana, implicando la urgencia de conocer las implicaciones de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano en el desarrollo de ciudades sostenibles con alta calidad de vida [15].

Este sistema de utilizar vegetación como medio para reducir el ruido comenzó a desarrollarse principalmente en la década de 1970. En esta década aumentaron los estudios científicos sobre las características sonoras de las plantas y cómo podrían influir en la propagación del sonido [16]. Al aumentar la urbanización, los problemas de la contaminación acústica se hicieron más patentes, lo que provocó un mayor interés en buscar una solución natural y sostenible.

Las barreras vegetales disminuyen el ruido mediante los mecanismos de absorción, dispersión y difracción de las ondas acústicas. La vegetación desempeña un rol de filtro acústico natural al absorber parte del sonido y redirigir y dispersar las ondas sonoras restantes [17]. Las plantas están formadas por hojas, tallos y ramas, y esta distribución desempeña un papel crucial en la cantidad de absorción y dispersión que provoca. Es evidente que las barreras vegetales densas y diversificadas tienden a ser más eficaces en la atenuación del ruido, ya que ofrecen múltiples capas que deben atravesar las ondas sonoras. La interacción entre las ondas sonoras y la vegetación se puede producir de forma directa por redistribución y la absorción de la energía sonora. La redistribución de las ondas sonoras se presenta en tres formas distintas: reflexión, difracción y difusión. La absorción en cambio se debe fundamentalmente a efectos termodinámicos y la onda sonora pierde energía precisamente por una transferencia de calor.

A lo largo de los años la investigación ha progresado en la comprensión de cómo los distintos tipos de vegetación afectan en la reducción del ruido. Se han llevado a cabo estudios con la finalidad de identificar la configuración ideal de las barreras vegetales, abarcando la selección de especies de plantas, su densidad, altura y disposición [18]. Por otra parte, la tecnología de modelado acústico ha experimentado un gran avance, pudiéndose predecir con mayor precisión los resultados derivados de la implantación de barreras vegetales en distintos contextos.

En resumen, las barreras vegetales se han consolidado como una solución eficaz y sostenible para la atenuación del ruido en una variedad de entornos. Los progresos en la investigación y la tecnología

siguen perfeccionando nuestra comprensión sobre cómo optimizar plenamente las propiedades acústicas de la vegetación [19] .

## 2 Objetivos

El objetivo del presente trabajo es estudiar la influencia de la vegetación en la ciudad de Lima, en Perú. Para ello se correlacionarán medidas de contaminación ambiental con la distancia a zonas verdes de arbolado y el ruido ambiental.

## 3 Materiales y métodos

Se han empleado 20 medidores situados en distintos puntos de la ciudad de Lima, Perú. Estos medidores que miden además del ruido ambiental, los siguientes parámetros de contaminación: material particulado con un diámetro inferior a 10 micras (PM10), material particulado con un diámetro inferior a 2.5 micras (PM2.5), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). La disposición geográfica de las distintas estaciones se puede observar en la Figura 1. Los datos obtenidos para el análisis están medidos durante un año completo (2022) con un total de 6624 muestras para cada estación.

Para el análisis estadístico se ha empleado el programa SPSS y Matlab 2023.

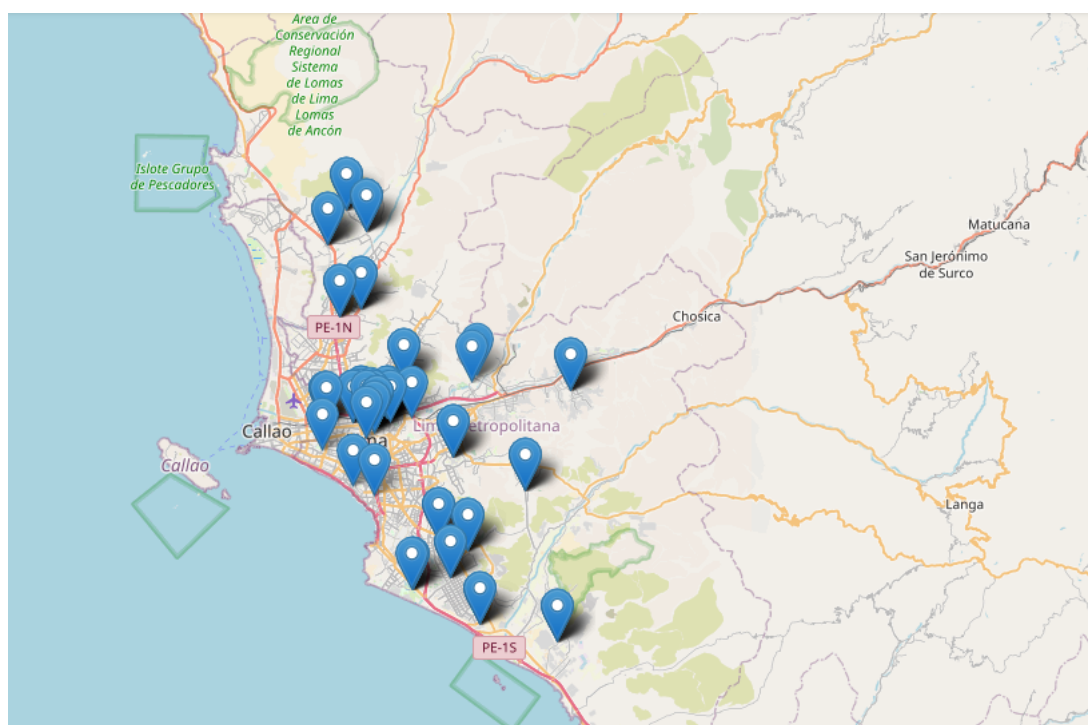


Figura 1 – Distribución geográfica de las estaciones de medida.

## 4 Resultados y discusión

Se ha llevado a cabo un análisis de correlación estadístico para ver la relación entre la vegetación, el nivel de contaminación gaseosa y particulada con el nivel de ruido de la ciudad de Lima.

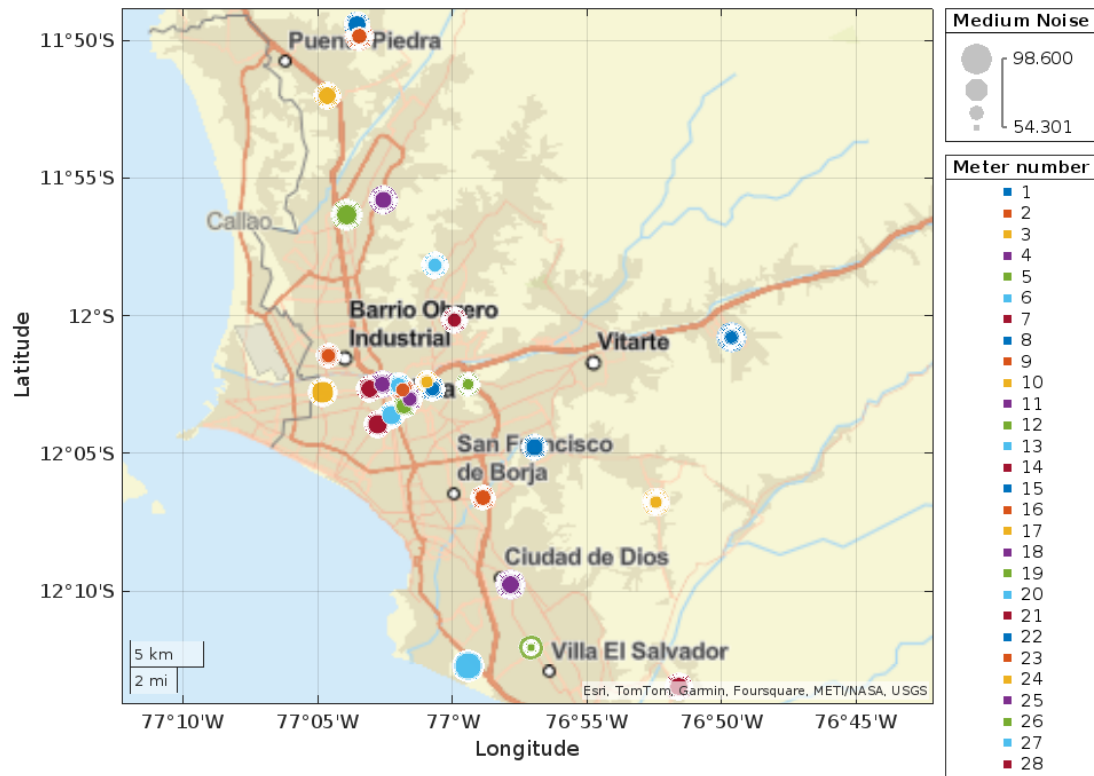
Tabla 1 – Coeficientes de correlación Rho de Spearman.

	CO (ug/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	PM10 (ug/m <sup>3</sup> )	PM2.5 (ug/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Ruido (dB)	UV	Estación
CO (ug/m <sup>3</sup> )	--								
NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	.037**	--							
O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	-.014**	.080**	--						
PM10 (ug/m <sup>3</sup> )	.024**	.271**	.059**	--					
PM2.5 (ug/m <sup>3</sup> )	.032**	.298**	.065**	.938**	--				
SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	.136**	.019**	-.010*	-.034**	-.073**	--			
Ruido (dB)	.138**	-.267**	.013**	-.096**	-.057**	.067**	--		
UV	-.019**	-.571**	-.072**	-.047**	-.072**	.133**	.436**	--	
Estación	-.112**	-.011*	.144**	.226**	.266**	-.332**	-.153**	.007	--

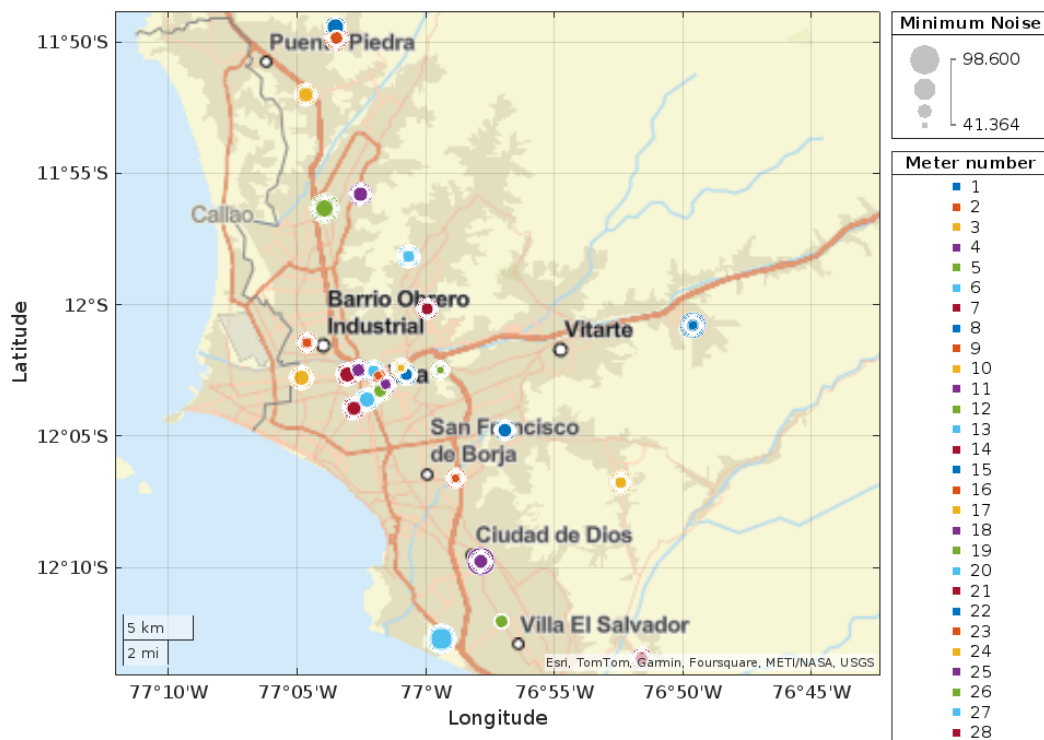
\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

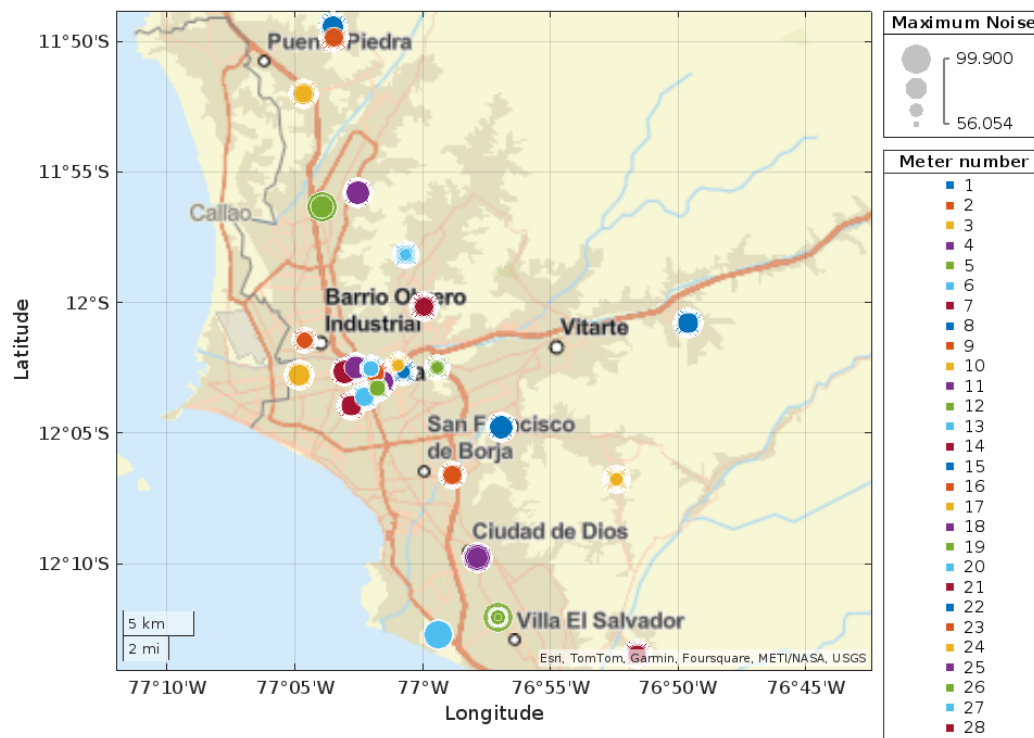
La Figura 2 muestran los niveles de ruido medio, máximo y mínimo alcanzados a lo largo de un año en las distintas estaciones situadas en la ciudad de Lima.



a)



b)



c)

Figura 2 – Gráfico de niveles de ruido en las estaciones de Lima.

A partir de la Tabla 1 de correlaciones puede decirse que el ruido tiene una correlación significativa de forma directa con el nivel CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, la radiación UV y la estación. Esto quiere decir que cuanto más alto son estos contaminantes gaseosos más alto es el nivel de ruido. En el caso de la radiación UV y la estación tiene que ver con la cercanía de la estación con la vegetación. Dependiendo de la posición de la estación de medida con la cercanía a la arboleda, el nivel de ruido es menor. Excepto en siete estaciones, en el resto había arbolado en un radio menor de 100m, y salvo en dos estaciones, había arbolado a menos de 500m de donde estaba la estación.

Estos resultados van en línea con el artículo publicado por Rey-Gonzalo et al [20] donde establecen los beneficios de aumento de las zonas verdes en las ciudades, reduciendo el ruido en las mismas. El ruido y la contaminación gaseosa son los contaminantes ambientales más importantes que afectan la salud y el bienestar de los ciudadanos [21]. La Unión Europea registró 238,000 muertes prematuras causadas por la contaminación de materia particulada fina (PM<sub>2.5</sub>) en 2020. No obstante, esta cifra ha disminuido en un 45% desde 2005. Sin embargo, no se ha observado una disminución significativa en el número de personas expuestas a niveles dañinos de ruido desde que la Directiva de Ruido Ambiental de la Unión Europea requirió a los Estados Miembros elaborar mapas de ruido en 2007. Al menos uno de cada cinco ciudadanos está expuesto a niveles perjudiciales de ruido del tráfico rodado. Los espacios verdes pueden ayudar a reducir los efectos negativos de la exposición a contaminantes ambientales [22]. La vegetación actúa como un amortiguador contra el ruido antropogénico y sirve como fuente de sonidos naturales. Además, los árboles y plantas absorben contaminantes del aire y atrapan partículas en suspensión. A pesar de estos beneficios ambientales, la mayoría de los espacios verdes urbanos no han sido diseñados para eliminar activamente estos contaminantes.

Los espacios verdes urbanos son potenciales áreas tranquilas, pero también se utilizan como áreas de amortiguación de ruido. Si bien existen otras formas de reducir el ruido del tráfico rodado, las áreas verdes también ayudan a mejorar la calidad del aire, reducir las temperaturas y mejorar el atractivo estético de las ciudades. La forma y el tamaño de los espacios verdes están determinados por la

disponibilidad de espacios abiertos urbanos, pero también están vinculados a la funcionalidad de la ciudad. Shan et al. [23] proporcionan una revisión de los diferentes tipos de distribución de espacios verdes, considerando la distribución de las funciones urbanas. Identifican cuatro tipos principales de distribución: núcleo, estrella, satélite y lineal. Si los espacios verdes se utilizan para reducir el ruido en áreas residenciales adyacentes, estos espacios verdes pueden tener altos niveles de ruido y, por lo tanto, no considerarse áreas tranquilas.

Los resultados de la Figura 2 van en línea con los encontrados en [20, 24] donde se muestran los niveles sonoros registrados en diferentes tipos de carreteras en Madrid y alrededores. Considerando el espectro del tráfico rodado para distancias que van desde 10 hasta 100 m. En el estudio muestra que los niveles de ruido de 55 dB(A) solo se alcanzarían si el área verde, con alta densidad de follaje, se encuentra a 70 m del centro de las principales vías urbanas [20]. En las calles residenciales, sería necesario superar los 30 m. Las calles residenciales deben estar ubicadas a 30 m del área verde para alcanzar un nivel de exposición al ruido diurno de menos de 55 dB(A). Sin embargo, cuando las áreas verdes están situadas a 40 m o más de las principales carreteras en los pueblos, se alcanza el nivel de ruido recomendado para áreas tranquilas. Estos resultados destacan la dificultad de alcanzar niveles sonoros diurnos entre 55 y 45 dB(A) recomendados por la EEA para áreas tranquilas [25], a menos que se utilicen grandes parques u otros elementos atenuantes del ruido (barreras acústicas, terraplenes elevados, etc.). Este es el caso de los parques de la ciudad de Lima. De hecho, estudios realizados en parques de diferentes ciudades muestran niveles de ruido más altos que los recomendados para áreas tranquilas [26].

## 5 Conclusiones

Las características de los espacios verdes determinan la calidad del entorno acústico de las ciudades y, por tanto, la percepción de la misma. Se ha encontrado que hay una relación entre las zonas verdes de la ciudad de Lima con los niveles de contaminación gaseosa, particulada y acústica. Por tanto, es necesario hacer un buen diseño de los espacios verdes de las ciudades con el objetivo de reducir la contaminación ambiental y evitar también el efecto isla de calor.

### Agradecimientos

Investigación ha sido financiada por el proyecto TED2021-130596BC22 del Ministerio de Ciencia e Investigación del Gobierno de España.

### Referências

- [1] Brugha, R., Grigg, J. (2014) Urban air pollution and respiratory infections. *Paediatr Respir Rev*, 15, 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2014.03.001>
- [2] Vardoulakis, S., Dear, K., Wilkinson, P. (2016) Challenges and Opportunities for Urban Environmental Health and Sustainability: The HEALTHY-POLIS initiative. *Environ Heal A Glob Access Sci Source*, 15, 1–4. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0096-1>
- [3] Salmond, J., Sabel, C.E., Vardoulakis, S. (2018) Towards the integrated study of urban climate, air pollution, and public health. *Climate*, 6, 12–15. <https://doi.org/10.3390/cli6010014>
- [4] De Carvalho, R.M., Szlafsztein, C.F. (2019) Urban vegetation loss and ecosystem services: The influence on climate regulation and noise and air pollution. *Environ Pollut*, 245, 844–852. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.114>

- [5] Elmqvist, T., Fragkias, M., Marcotullio, P.J. (2013) Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment
- [6] Calleja, A., Díaz-Balteiro, L., Iglesias-Merchan, C., Soliño, M. (2017) Acoustic and economic valuation of soundscape: An application to the ‘Retiro’ Urban Forest Park. *Urban For Urban Green*, 27, 272–278. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.08.018>
- [7] Afrianto, W.F., Wati, S.I., Hidayatullah, T. (2021) The suitability assessment of the tree species in the urban parks and urban forest in Kediri City, East Java, Indonesia. *Nusant Biosci*, 13, 131–139. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n130201>
- [8] Celis, J.E., Morales, J.R., Zaror, C.A., Carvacho, O.F. (2007) Contaminación del aire atmosférico por material particulado en una ciudad intermedia: El caso de Chillán (Chile). *Inf Tecnol*, 18, 49–58
- [9] Sygna, K., Aasvang, G.M., Aamodt, G. (2014) Road traffic noise, sleep and mental health. *Environ Res*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.02.010>
- [10] Bello, B.Y.J.P., Silva, C., Nov, O. (2019) SONYC : A System for Monitoring , Analyzing , and Noise Pollution. *Commun ACM*, 62,68–77. <https://doi.org/10.1145/3224204>
- [11] Jarosińska, D., Héroux, M.É., Wilkhu, P. (2018) Development of the WHO environmental noise guidelines for the european region: An introduction. *Int J Environ Res Public Health*, 15, 1–7. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040813>
- [12] Yang, W., He, J., He, C., Cai, M. (2020) Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. *Transp Res Part D* 87:102516. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102516>
- [13] Barrigón Morilla, J.M., Rey Gozalo, G., Montes González, D. (2018) Noise Pollution and Urban Planning. *Curr Pollut Reports*, 4, 208–219. <https://doi.org/10.1007/s40726-018-0095-7>
- [14] Trombetta Zannin, P.H., Coelho Ferreira, A.M., Szeremetta, B. (2006) Evaluation of noise pollution in urban parks. *Environ Monit Assess*, 118, 423–433. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-1506-6>
- [15] Handayani, B., Mardikaningsih, R. (2022) Urban Forest: The Role of Improving The Quality of The Urban Environment. *Technol Soc*, 1, 25–29
- [16] Aylor, D. (1972) Noise Reduction by Vegetation and Ground. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 51, 197-205.
- [17] López Jiménez, N. (2018) Propuesta para el control de ruido ambiental en función de frecuencias de emisión mediante barreras vegetales. [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México]. 2018.
- [18] Horoshenkov, K., Khan, A., Benkreira, H. (2013) Acoustic Properties of Low Growing Plants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133, 2554-2565. 2013.
- [19] Basseda Peradalta, J. (2015) Estudi de les pantalles acústiques vegetals de gran alçada. [Tesis, Universitat Politècnica de Catalunya].
- [20] Rey Gozalo, G., Barrigón Morillas, J.M., Prieto, G.C. (2015) Urban noise functional stratification for estimating average annual sound level. *J Acoust Soc Am*. 133, 3198–208. <https://doi.org/10.1121/1.4921283>.
- [21] European Commission, Joint Research Centre. Zero pollution:outlook 2022. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2022. [https:// data. europa. eu/ doi/ 10. 2760/ 3949](https://data.europa.eu/doi/10.2760/3949).

- [22] Browning, M.H.E.M., Rigolon, A., McAnirlin, O., Yoon, H.V. (2022) Where green space matters most: a systematic review of urbanicity, greenspace, and physical health. *Landscape Urban Plan.* 2022;217:104233. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104233>.
- [23] Shan, J., Huang, Z., Chen, S., Li, Y., Ji, W. (2021) Green space planning and landscape sustainable design in smart cities considering public green space demands of different formats. *Complexity.* 5086636. <https://doi.org/10.1155/2021/5086636>.
- [24] Rey Gozalo, G., Barrigán Morillas, J.M., Gómez, E.V. (2012) Analysis of noise exposure in two small towns. *Acta Acust United Ac*, 98, 884–93. <https://doi.org/10.3813/AAA.918572>.
- [25] European Environment Agency (EEA). Quiet areas in Europe the environment unaffected by noise pollution. Luxembourg:
- [26] Publications Office of the European Union. 2016. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/7586>.
- [27] Mitterska, M., Kompala, J. (2021) Soundscapes of urban parks in cities with populations of over 100,000 in the Silesian voivodeship. *Arch Acoust.*46, 147–54. <https://doi.org/10.24425/aa.2021.136568>.