



CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE BARRERAS VEGETALES

Maria Dolores Redel Macías¹

Carlos Castillo Rodríguez¹

Rafael Pérez Alcántara¹

Antonio José Cubero Atienza¹

¹Area de Proyectos de Ingeniería. Departamento de Ing. Rural, Constr. Civiles y Proyectos de Ingeniería. Universidad de Córdoba

RESUMEN

La acústica de la vegetación ha sido estudiada desde mediados del siglo XX, encontrándose una estimación de atenuaciones entre 2-6 dB por metro e incrementándose con la frecuencia. Posteriormente, se han llevado a cabo más estudios encontrándose variaciones en las atenuaciones.

En este estudio preliminar se han realizado mediciones de la atenuación acústica de setos convencionales con distintos espesores y especies y se ha medido tanto la atenuación en decibelios como la calidad acústica conseguida con los mismos. También se han caracterizado mediante cámara acústica las zonas de atenuación y se han correlacionado con la densidad y gramaje de la especie, entre otros factores.

ABSTRACT

The acoustic properties of vegetation have been studied since the mid-20th century, with estimated attenuations ranging from 2 to 6 dB per meter, increasing with frequency. Subsequently, more studies have been conducted, revealing variations in attenuations.

In this preliminary study, measurements of acoustic attenuation have been carried out on conventional hedges with different thicknesses and species, and both the attenuation in decibels and the acoustic quality achieved with them have been measured. The attenuation zones have also been characterized using an acoustic chamber and correlated with factors such as species density and gram weight, among others.

Palabras Clave— Atenuación acústica, barreras vegetales, calidad del sonido.

1. INTRODUCCIÓN

Que el ruido es uno de los contaminantes ambientales que más incide en la calidad de vida de una parte muy importante de la población es algo contrastado por multitud de estudios [1] y regulado por normativa de primer nivel [2]. La exposición crónica al ruido ambiental tiene impactos significativos en la salud y el bienestar físico y mental de la población afectada. Esta exposición a ruido es un problema generalizado en Europa con, al menos, un 20% de la población expuesta a niveles nocivos para la salud [1] [3]. A nivel andaluz, en el período desde 2010 a la actualidad ha descendido la percepción de la importancia con que ve este problema la población dentro de los problemas medioambientales gloGestion de la PRL en la UCOBales, pasando del primer lugar en 2010 (28,8%) al sexto lugar en 2022 (11.5%), ocupando los primeros lugares las basuras y residuos sólidos urbanos o la suciedad de las calles, lo cual es significativo [4]. El factor contaminante con mayor incidencia es el tráfico rodado, y los niveles que se alcanzan son especialmente significativos en vías de tránsito con alta velocidad de los vehículos, como son las autopistas [5].

Una solución natural con buena efectividad consiste en dotar de barreras vegetales las zonas afectadas, interponiendo dicha barrera entre la fuente de ruido y la zona receptora a la que queremos disminuir el nivel acústico que soporta. Este tipo de barreras son más estéticas y naturales que las barreras acústicas artificiales tradicionales, a la par que también son beneficiosas para el medio ambiente [6].

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 [7]. 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 [8]. 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 [9]. 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 [10].

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es estudiar la influencia de barreras acústicas vegetales de la especie “tuya” en la atenuación del ruido y en la modificación de parámetros de calidad acústica, como loudness, sharpness o roughness, en función de las características del propio seto, y de su espesor, utilizando para ello sonidos normalizados (ruido blanco) en condiciones controladas de laboratorio.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo en una cámara semianecoica, en la cual se instaló un túnel forrado internamente con acondicionamiento acústico con el material INAPICEL© con un coeficiente absorción óptimo (cercano a la unidad) sobre todo por encima de la banda de 500Hz. Ello permitía minimizar las reflexiones internas, y garantizar que el ruido

emitido por la fuente sonora alcanzaba la barrera vegetal de forma óptima.

En un extremo del túnel se instaló la fuente sonora (altavoz conectado al sistema de generación de ruido blanco), estando a la salida del túnel, por el otro extremo, la barrera vegetal.

El proceso consistía en situar a la salida del túnel una barrera vegetal de la especie que se fuera a ensayar, con un espesor determinado, y el sistema de micrófonos de medida, array de micrófonos y sonómetro para registrar los datos.

Posteriormente, se situaba una segunda barrera de la misma especie, doblando aproximadamente el espesor inicial, realizando nuevamente la tanda de mediciones. Y finalmente un tercer nivel de la barrera vegetal, repitiéndose las medidas, de manera que todas las conclusiones se podrían extraer para los tres niveles de espesor de barrera instalados.

Para poder hacer una caracterización completa se han tomado datos característicos morfológicos de la especie estudiada. Estas características morfológicas abarcan desde la anchura del seto, la biomasa y la transparencia. Para hallarla la transparencia de las especies vegetales se usará el programa Imagej [11].

La especie empleada para las medidas fue *tuya*. Su nombre científico es *Platyclusus orientalis*. La tuya pertenece a la clase Pinopsida, es del orden de los Cupressales, forma parte de la familia Cupressaceae y es del género Thuja. Por las condiciones ambientales que soporta, puede aguantar heladas de hasta -18°C y temperaturas elevadas hasta los 40°C , y que precisa estar situada al exterior en áreas a pleno sol, la hacen ideal para ser plantada en Andalucía.

Las medidas se llevaron a cabo utilizando un array de micrófonos tipo MEM de la marca GFai, modelo Mikado, dotado de cámara acústica, junto con el software NoiseImage para el análisis de las medidas. Ello permitía no solo tener los datos de la atenuación producida por la barrera vegetal a diferentes niveles de profundidad, sino también identificar el holograma de transmisión, con los puntos de mayor y menor transmisión.

Para la evaluación de la calidad del sonido se emplearon tres métricas: loudness, sharpness y roughness. El loudness es un término que se refiere a la percepción humana de como de fuerte suena un sonido. La definición de loudness establece que 1 Sone, la unidad de loudness, corresponde a un tono de 1 kHz a 40 dB. El sharpness es una sensación auditiva relacionada con el contenido de altas frecuencias e independiente del nivel sonoro. Su unidad es el Acum. El roughness es una sensación auditiva relacionada con modulaciones de volumen en frecuencias demasiado altas

para discernirlas por separado, como frecuencias de modulación superiores a 30 Hz. Su unidad es el Asper.

4.. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar los resultados obtenidos en las medidas, se pueden observar en términos de loudness, sharpness o roughness (entre otros) la reducción de sonido respecto a un, dos o tres setos. La Figura 1 muestra los resultados de loudness. Se ha encontrado una reducción de un seto (Figura 2a) a tres setos próxima a 1 sone. Considerando que la JND (Just noticeable difference) es de 0.5 sone, la reducción obtenida con una sección de tuya inferior a 1 m, por lo que sería apreciable la reducción producida.

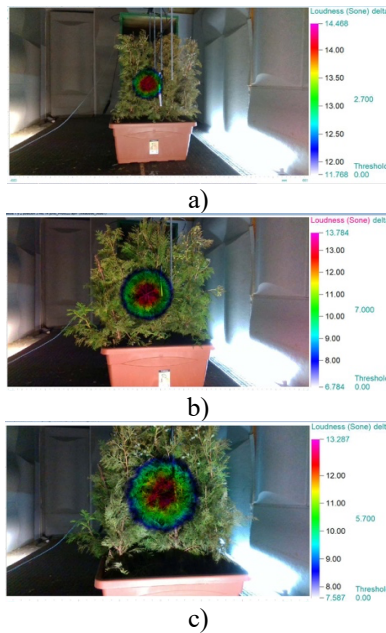


Figura 1. Loudness para: a) un seto; b) dos setos y c) tres setos.

Respecto al sharpness, aunque no se ha observado una reducción significativa; sin embargo, sí se ha reducido el área donde se produce mayor reflexión de sonido (Figura 2). En el caso del roughness, no solo se reduce el área donde se produce la reflexión del sonido, sino que además se reduce desde aproximadamente 29 asper, a 23 asper cuando se aumenta el grosor de la barrera vegetal con 3 setos (Figura 3).

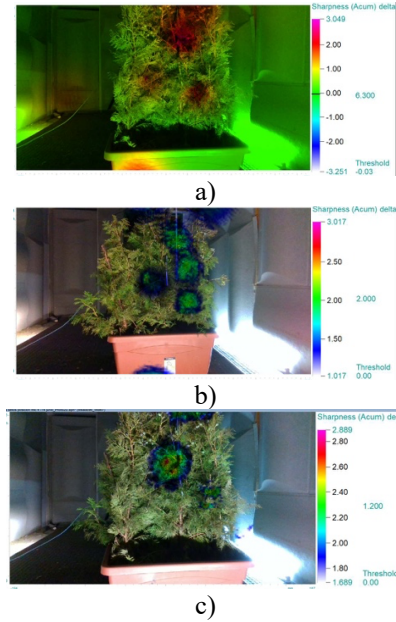


Figura 2. Sharpness para: a) un seto; b) dos setos y c) tres setos.

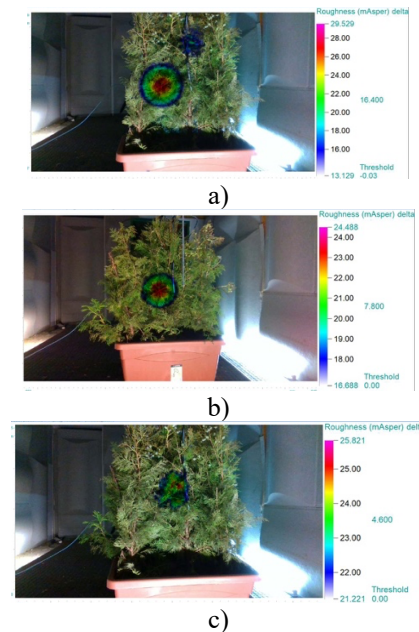


Figura 3. Roughness para: a) un seto; b) dos setos y c) tres setos.

De acuerdo con otras investigaciones [12], se llega a la conclusión de que, dependiendo de las características morfológicas, se tendrá una mayor o menor absorción de ruido y, por lo tanto, una menor o mayor reflexión de sonido. La Tabla 1 muestra las características morfológicas de la tuya.

Tabla 1. Características morfológicas de la tuya.

Anchura (cm)	Biomasa (g)	Biomasa hoja (g)	Superficie foliar (cm ²)
27.33	1641.41	1372.35	25590.09
Biomasa tronco (g)	Transparencia (%)	Opacidad (%)	Superficie foliar unitaria (cm ²)
269.06	4.60	95.40	6.34

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por [13] quienes llegaron a la conclusión de que las hojas y tallos tendían a reducir los niveles de sonido de mayores frecuencias. El sharpness se ha visto reducido, lo que significa que las altas frecuencias se han reducido también. La transparencia obtenida es muy baja, cuanto menor sea la transparencia, mayor será el nivel de atenuación del sonido. Aylor [7] afirmó que las hojas anchas consiguen atenuar el sonido en mayor medida que las estrechas, es decir, que cuanto mayor sea la superficie foliar, mayor será la atenuación, pero que esta atenuación no resulta ser directamente proporcional a la cantidad de follaje [7]. [14] Zhu y Jiani llegaron a la conclusión de que la capacidad de reducir el ruido de las plantas con hojas largas y estrechas, las cuales tienen una menor área para reflejar o absorber ondas, es menor que las de las plantas con hojas ovaladas o elípticas. Aunque la tuya no tiene una hoja redonda y ancha; sin embargo, debido al grosor de las hojas y a la gran opacidad, se obtienen resultados aceptables de atenuación y mejora de la calidad del sonido (Figura 5).



Figura 5. Resultados de transparencia de la tuya.

La difusión sonora es un fenómeno que se presenta cuando una onda sonora choca con un obstáculo, ocasionando una pérdida de energía. A su vez, las ondas sonoras que ya han perdido su energía buscan retransmitirse, ya sea a través de una abertura dentro del mismo obstáculo, o rodeando dicho obstáculo (difracción). Algunos autores han estudiado los coeficientes de difusión de diversas especies para correlacionar con la capacidad de atenuación acústica que tienen las especies. Yendle y Prashant [15] estudiaron más de

61 especies de árboles en Reino Unido y el efecto en la reducción de la contaminación ambiental. La tuya es una especie que presenta una alta densidad y es eficaz en la reducción, por ejemplo, del polen. En otros estudios [16] se ha estudiado los coeficientes de difusión por frecuencias, los resultados obtenidos en función de la densidad mejoran la absorción acústica de las especies.

5. CONCLUSIONES

Se ha realizado un estudio sobre el efecto de la interposición de un seto de la especie “tuya” en la transmisión de un sonido en condiciones controladas de laboratorio.

Se ha encontrado que la reducción de los parámetros de calidad acústica loudness, y roughness es significativa, si bien estos resultados deben considerarse como preliminares y deben ser ratificados por un mayor número de ensayos con variación de características del seto.

En el caso del parámetro sharpness, si bien la reducción no es significativa, sí se reduce el área con mayor reflexión del sonido.

Estos resultados permiten concluir en una primera aproximación que un uso adecuado de setos de tuyas debidamente seleccionados en espesor, densidad y opacidad del seto, pueden conseguir modificaciones significativas en el sonido, lo cual puede repercutir en una mejora de las condiciones acústicas de los espacios protegidos por el seto, y una mejor calidad de vida al ser barreras naturales que no alteran artificialmente el entorno si la implantación es adecuada.

6. REFERENCIAS

- [1] EEA. European Environment Agency Report 22/2019 “Environmental Noise in Europe 2020”. ISSN 1977-8449. ISBN 978-92-9480-209-5.
- [2] DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental
- [3] WHO. Environmental noise guidelines for the European region. 2018. Regional Office for Europe, Copenhagen (<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>).
- [4] Ecobarómetro de Andalucía 2022. Secretaría General de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. 2022.
- [5] Álvarez, I. A., Martínez, J. M., Pérez, L. D., Figueroa, F. A., de Armas Mestre, J., & Llop, M. L. R. . Contaminación ambiental por ruido. Revista Médica Electrónica, 39(3), 640-649. 2017.

[6] Nilsson, M., Bengtsson, J., Klæboe, R. . Environmental Methods for Transport Noise Reduction. “Book”. CRC Press. Taylor and Francis Group. 2019.

[7] Aylor, D. Noise Reduction by Vegetation and Ground. “The Journal of the Acoustical Society of America”. Vol. 51. Pp. 197-205. 1972.

[8] López Jiménez, N. . Propuesta para el control de ruido ambiental en función de frecuencias de emisión mediante barreras vegetales. [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México]. 2018.

[9] Horoshenkov, K., Khan, A., Benkreira, H. . Acoustic Properties of Low Growing Plants. “The Journal of the Acoustical Society of America”. Vol. 133. Pp. 2554-2565. 2013.

[10] Basseda Peradalta, J. . Estudi de les pantalles acústiques vegetals de gran alçada. [Tesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. 2015.

[11] Ferreira, T.; Rasband, W. Imagej User Guide IJ1. 46r. <http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide>. 2012.

[12] Unión Europea. . Novel solutions for quieter and greener cities. Proyecto Hossana. 2013.

[13] Biocca, M., Gallo, P., Di Loreto, G., Imperi, G., Pochi, D., Fornaciari, L. . Noise attenuation provided by edges. “Journal of Agricultural Engineering”. Volumen L:889, pp. 113-119. 2019.

[14] Yang, F. et al. The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise-Reducing Spectrum. “Journal of Environmental Health”. Vol. 72. N° 8. Pp. 8-15. 2010.

[15] Barwise, Y].; Kumar, P. Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: a practical review for appropriate plant species selection. “Climate and Atmospheric Science”. Article number 12. 2020.

[16] (Yang et al. Acoustic Effects of Green Roof Systems on a Low-Profiled Structure at Street Level. “Building and Environment”. Vol. 50. Pp. 44-55. 2012