

Caracterización de paisajes sonoros en parques urbanos. Aplicación en el parque del Retiro (Madrid)

Álvaro Calleja Huerta¹,
Luis Díaz Balteiro^{1, 2},
Carlos Iglesias Merchán^{1, 3},
Mario Soliño Millán^{2, 4}

¹ Grupo de Investigación "Economía y Sostenibilidad del Medio Natural", Universidad Politécnica de Madrid

² iuFOR, Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible, Universidad de Valladolid e INIA

³ CENERIC Research Centre

⁴ Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Centro de Investigación Forestal (CIFOR)

El parque del Retiro es una de las zonas verdes más emblemáticas de la ciudad de Madrid. Este lugar tan turístico y frecuentado por los ciudadanos madrileños destaca por su localización céntrica, la variedad de usos y espacios que alberga, así como por las distintas actividades y la gran cantidad de visitantes. Toda esta variabilidad se ve reflejada en las características acústicas del parque. En este trabajo se expone una metodología para la caracterización acústica y la identificación de paisajes sonoros en parques urbanos. Los resultados muestran una zonificación del parque en la que se puede observar cómo los niveles de ruido y paisajes sonoros cambian su distribución dependiendo de los distintos periodos del día y de la semana. Esta zonificación podría ser utilizada como herramienta complementaria para la gestión y mejora de este tipo de espacios.

Palabras clave: paisajes sonoros, parques urbanos, ruido, contaminación acústica

INTRODUCCIÓN

Los parques urbanos tienen una gran importancia en las ciudades, aportando beneficios tanto para el medioambiente como para las personas que los disfrutan. Estos beneficios abarcan desde la mejora de la salud física y mental, reduciendo el estrés o permitiendo hacer ejercicio en un espacio verde, hasta la reducción de la contaminación atmosférica o el aumento de la biodiversidad, entre otros (Jim y Chen, 2006; Konijnendijk et al.,

2013; Liu et al., 2017). Para que estos parques desempeñen estas funciones es necesario que se encuentren en un buen estado de conservación y, por lo tanto, requieren un mantenimiento y una gestión específica. Frecuentemente esta gestión se limita a las actividades permitidas en el interior del parque, la gestión de actos y el mantenimiento de las zonas ajardinadas. Sin embargo, existen amenazas como es el caso de la contaminación acústica, que influyen mucho en la calidad ambiental del par-



Fig. 1. Vista aérea del parque del Retiro. Fuente: Ortofoto del PNOA

que y en su disfrute por parte de los visitantes, especialmente si el parque urbano se ubica en el centro de una gran ciudad, como es el caso del Retiro.

El parque del Retiro (Fig. 1) tiene su origen en el año 1630, cuando el rey Felipe IV ordenó su construcción junto con la de un palacio para uso recreativo de la familia real. Tras la guerra de la Independencia (1808-1814) el palacio y los jardines quedaron muy deteriorados debido a que fueron utilizados como cuartel por las tropas francesas. Al finalizar el conflicto, el rey Fernando VII mandó la reconstrucción del palacio, pero no fue hasta 1868 cuando el parque pasó a ser gestionado por el

Ayuntamiento de Madrid. Durante los siglos XIX y XX sufre distintas modificaciones y se construyen la mayoría de los elementos que hoy son su atractivo turístico y dan forma al espacio, como son el palacio de Velázquez, el palacio de Cristal o el monumento a Alfonso XII (Ayuntamiento de Madrid, 2016).

En la actualidad el Retiro se encuentra ubicado entre importantes calles y avenidas de la ciudad, que soportan cargas de tráfico muy elevadas (Ayuntamiento de Madrid, 2013). Estas calles son, entre otras, las de Alcalá y Alfonso XII, que desembocan en la famosa puerta de Alcalá, O'Donnell o la avenida de Menéndez

Pelayo. El tráfico rodado del entorno, junto con las sirenas de policía y ambulancias, son las principales fuentes de ruido externas que afectan al parque. En este trabajo se entiende el ruido como aquel “sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos industriales”, de acuerdo con la Directiva 2002/49/CE y su trasposición al ordenamiento jurídico español por medio de la Ley 37/2003 (BOE, 2003; DOUE, 2002). No obstante, existen otras fuentes de sonido que pueden ser consideradas ruido por algunas personas, como por ejemplo los sonidos procedentes de músicos, espectáculos, voces, gritos, monopatinés, bicicletas, altavoces o ladridos de perros. Estas fuentes de sonido externas e internas están presentes de forma habitual a lo largo del año, pero existen determinadas actuaciones deportivas o actos culturales en los que la afluencia de visitantes es muy superior a la habitual, aumentando significativamente los niveles de presión sonora en el parque.

Debido a que los parques urbanos son muy beneficiosos para la salud y el bienestar de los ciudadanos, existe una creciente preocupación por mantenerlos como áreas tranquilas. La Agencia Europea de Medio Ambiente publicó en el año 2014 la “Guía de buenas prácticas en zonas tranquilas”, donde pone esto de manifiesto, recogiendo diversos esfuerzos, proyectos y propuestas que se están realizando para caracterizar y proteger estas áreas (EEA, 2014).

El principal objetivo de este estudio es caracterizar y zonificar acústicamente el parque del Retiro tanto en función de sus niveles de ruido como de sus paisajes sonoros. Además, también se pretende considerar la posible variación temporal de las características de cada zona mediante la realización de muestreos en distintos periodos del día y la semana. La caracterización de la situación acústica del parque en el espacio y en el tiempo podría ser útil como herramienta de apoyo en la planificación y gestión futura de los trabajos y actividades que se desarrollan en él.

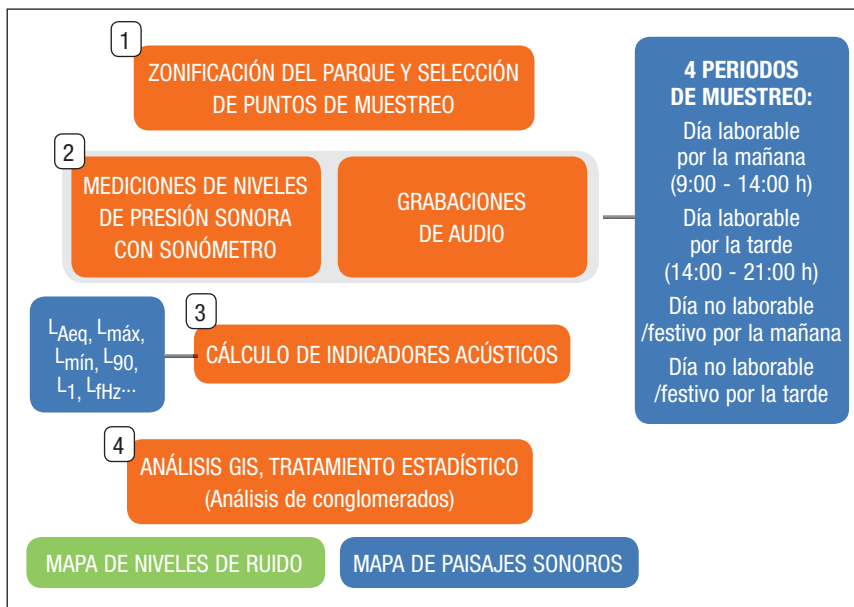


Fig. 2. Esquema de la metodología empleada

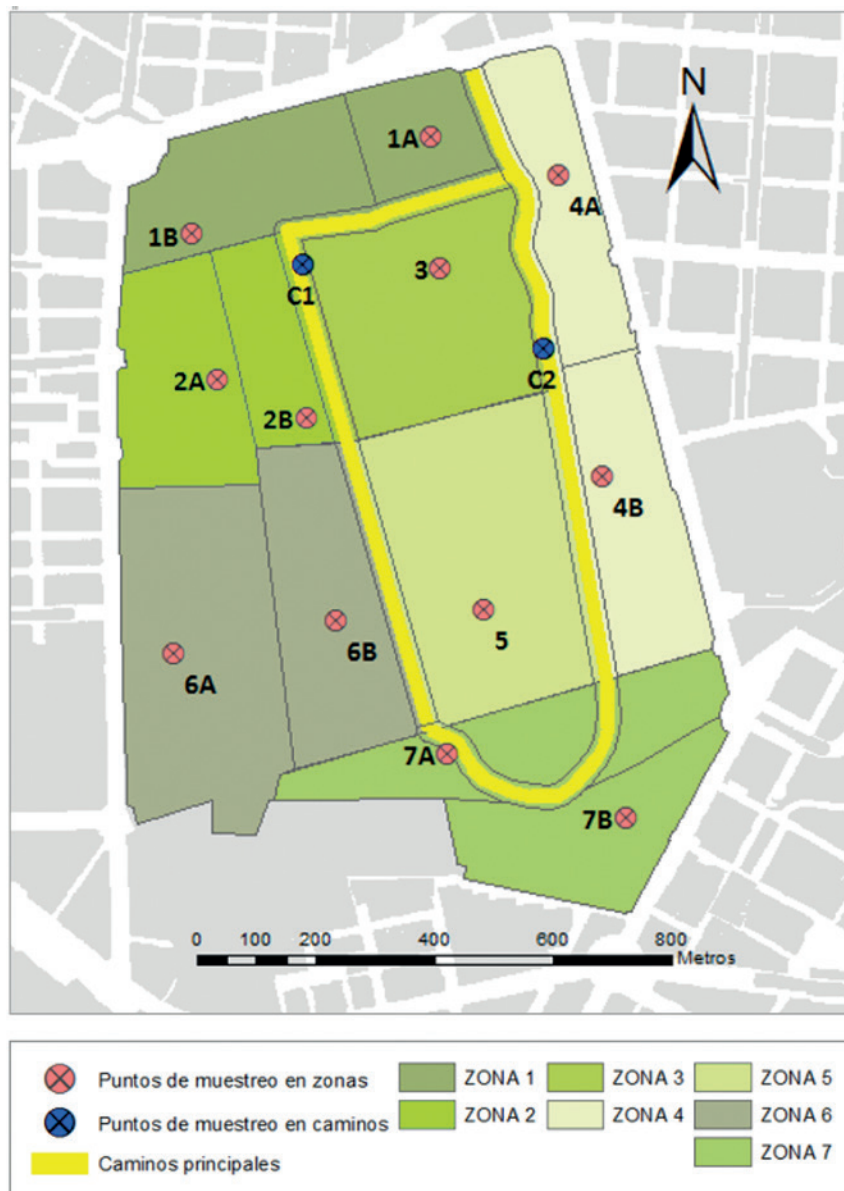


Fig. 3. Zonificación del parque y localización de los puntos de muestreo

METODOLOGÍA

La metodología seguida, que comparte muchos rasgos con otras empleadas en la caracterización acústica de parques urbanos (Brambilla et al., 2013; Szeremeta y Zannin, 2009; Torija et al., 2013; Zannin et al., 2006), se divide en cinco fases (Fig. 2):

- Zonificación del parque y selección de puntos de muestreo. Se realizó inicialmente una división del parque considerando su geometría (zonas diferenciadas, caminos, etc.), y a partir de ella se incluyeron puntos de muestreo en cada zona para caracterizar el espacio lo más homogéneamente posible, localizando puntos cercanos a las calles exteriores y otros más interiores. Los puntos C1 y C2 son identificativos de los caminos principales del parque, donde se concentran más visitantes, se realizan espectáculos, hay música, tiendas, etc. (Fig. 3).
- Mediciones de niveles de presión sonora con sonómetro y grabaciones de sonido. Se realizaron mediciones de 30 minutos de duración en los 14 puntos de muestreo. Estas mediciones se realizaron en cuatro periodos distintos de la semana: días laborables por la mañana y por la tarde y días no laborables o festivos por la mañana y por la tarde (Fig. 4. Ejemplo de posicionamiento del sonómetro).
- Cálculo de indicadores. A partir de los datos recogidos con el sonómetro y la grabadora de sonidos se calcularon diferentes indicadores: nivel de presión sonora equivalente para un periodo de tiempo T ($L_{Aeq, T}$), nivel de presión sonora máximo (L_{max}), nivel de presión sonora mínimo (L_{min}), nivel de presión sonora superado el 90 % del tiempo (L_{90}), nivel de presión sonora superado el 1 % del tiempo (L_1), factor cresta (CF), que mide la impulsividad de los sonidos (Torija et al., 2013), y niveles de energía sonora medios de las bandas de frecuencia de 25, 31,5, 125, 500, 10.000, y 16.000 Hz. El factor cresta es adimensional; los niveles de energía sonora medios en las bandas de frecuencia se expresan en dB, y el resto, en

dB(A), que es una ponderación de los decibelios que se ajusta más al oído humano.

- Tratamiento estadístico e identificación de paisajes sonoros. Para identificar los paisajes sonoros del parque y ver qué zonas son acústicamente similares en cada periodo de muestreo se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos. Este método agrupa las zonas cuyos indicadores son más similares, midiendo la diferencia entre los valores de las distintas zonas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Niveles de ruido

El indicador más utilizado para representar el ruido ambiental es el nivel de presión sonora equivalente (L_{Aeq}), aplicado en tiempos de muestreo de entre 4 y 12 horas, y que es el utilizado en la legislación española y europea. Además, es el indicador más representativo para una situación media, y es menos dependiente de sonidos aleatorios de alta intensidad, como ocurre con el $L_{máx}$ y L_{min} . Por estos motivos, en la Fig. 5 solamente se muestran los valores de este indicador.

Observando de forma conjunta la Tabla 1. Indicadores acústicos en cada zona del parque [dB(A)] y la Fig. 5, existe un patrón claro sobre cuáles son las zonas más ruidosas en todos los periodos de muestreo. En las zonas 4A y 4B se encuentran numerosos parques infantiles que, sumados al ruido procedente del tráfico de la avenida de Menéndez Pelayo, generan niveles de presión sonora muy elevados. Por otro lado, los caminos principales son donde más visitantes se concentran, y donde se encuentran tiendas, músicos y espectáculos. Además, estos caminos también son frecuentados por deportistas que corren, patinan, montan en bicicleta, etc.

Los niveles de ruido más bajos se encuentran más distribuidos, aunque la zona 6B destaca entre las demás; se trata de una zona con vegetación densa, localizada en el interior del parque, alejada de la calle Alfonso XII y con caminos de tierra más estrechos y una afluencia de visitantes muy baja.



Fig. 4. Ejemplo de posicionamiento del sonómetro

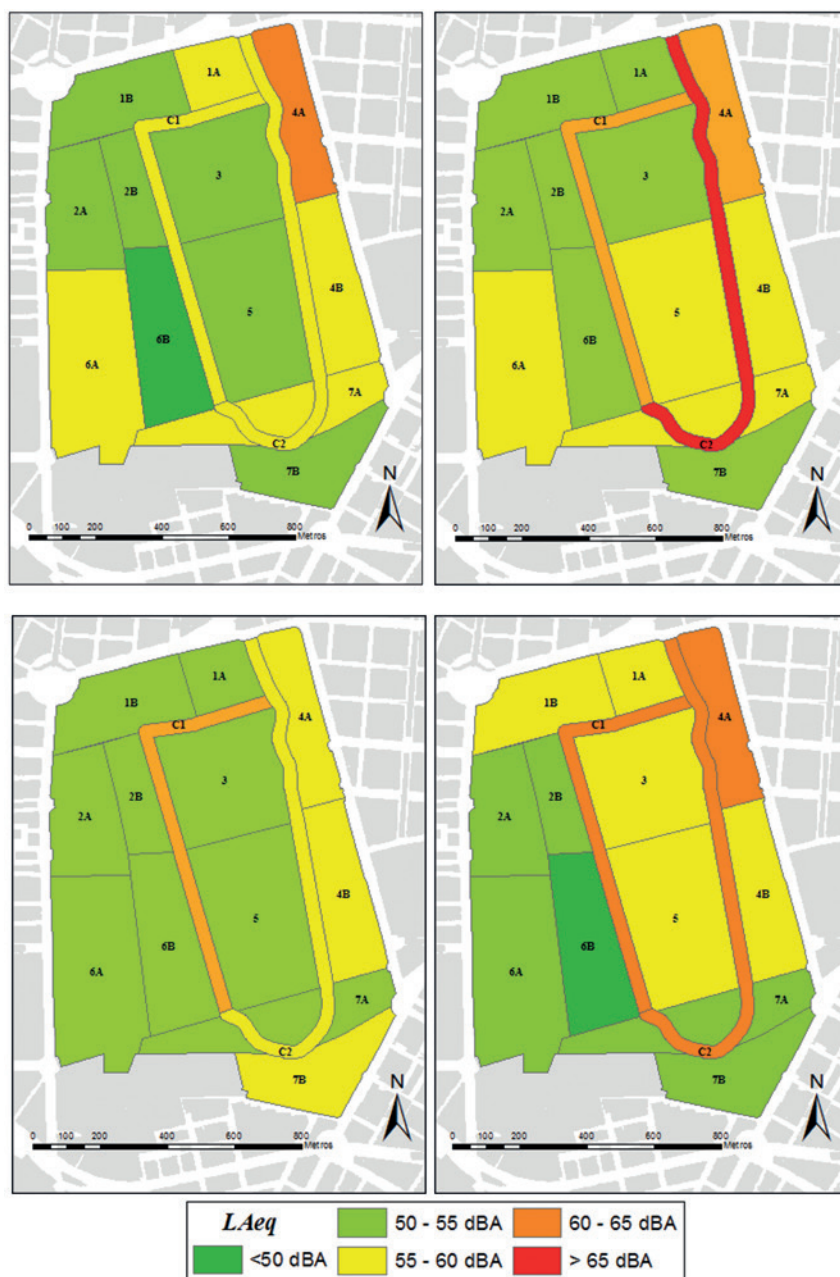


Fig. 5. Valores del L_{Aeq} en cada zona del parque. Arriba: día laborable; izda.: mañana; dcha.: tarde. Abajo: día no laborable; izda.: mañana; dcha.: tarde

Tabla 1. Indicadores acústicos en cada zona del parque [dB(A)]

	Índices	1A	1B	2A	2B	3	4A	4B	5	6A	6B	7A	7B	C1	C2
Laborable mañana (9-14h)	L_{Aeq}	57.79	53.39	54.53	53.28	54.13	63.32	59.12	52.32	57.13	48.47	59.69	53.89	58.67	59.45
	L_{max}	77.20	62.40	64.80	63.20	74.40	82.70	82.70	66.70	72.80	62.20	78.00	70.00	78.00	78.00
	L_{90}	51.20	50.90	50.90	50.80	48.40	56.10	49.90	48.40	52.20	45.80	49.70	49.90	54.60	51.90
Laborable tarde (14-21h)	L_{Aeq}	53.69	53.83	52.61	54.21	53.14	64.11	58.84	56.15	55.59	51.85	57.41	52.17	64.79	65.29
	L_{max}	68.70	75.70	64.00	66.20	67.20	88.60	72.90	78.80	71.00	64.60	74.10	74.60	86.00	87.80
	L_{90}	48.89	50.20	50.30	51.70	50.70	56.50	55.30	49.00	50.70	47.80	51.30	46.30	59.40	59.10
No laborable mañana (9-14h)	L_{Aeq}	51.08	53.01	53.09	53.46	50.35	57.82	56.80	54.08	53.54	53.39	53.52	56.87	64.24	58.16
	L_{max}	64.40	65.80	65.00	68.70	64.40	79.20	81.20	70.40	67.80	81.10	68.70	71.80	82.50	73.00
	L_{90}	47.80	49.90	49.70	50.50	47.90	50.39	49.80	48.50	48.20	43.60	50.29	49.80	59.30	53.99
No laborable tarde (9-14h)	L_{Aeq}	55.74	58.13	52.49	54.18	55.84	60.48	59.60	57.59	51.31	47.29	53.81	50.36	63.29	61.90
	L_{max}	68.20	69.90	69.00	68.50	75.60	76.80	81.00	74.90	66.70	63.60	71.70	66.70	78.70	81.40
	L_{90}	52.40	54.80	49.40	51.40	51.20	54.80	54.80	52.70	46.40	42.40	47.40	43.50	59.30	56.40

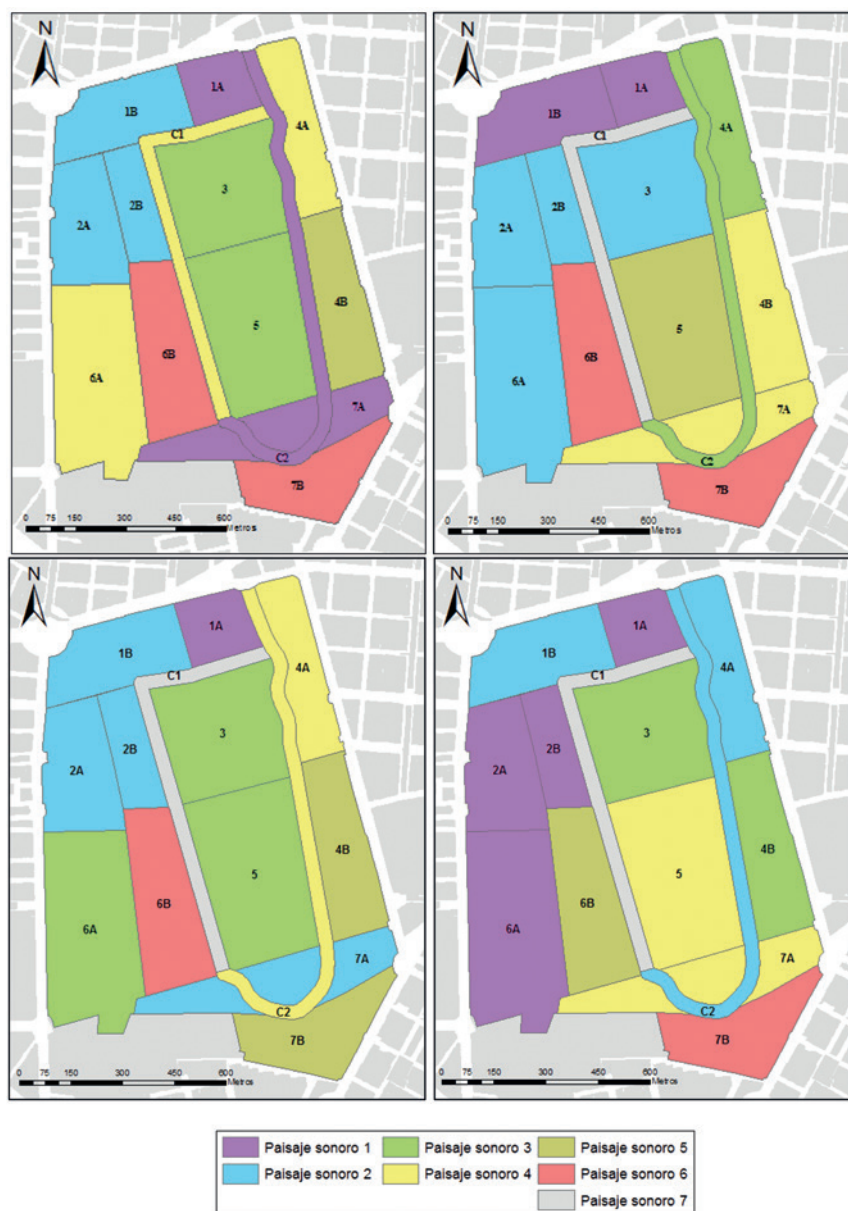


Fig. 6. Paisajes sonoros del parque. Arriba: día laborable; izda.: mañana; dcha.: tarde.
Abajo: día no laborable; izda.: mañana; dcha.: tarde.

En cuanto a la variación entre periodos, se reconocen diferencias entre la mañana y la tarde, y entre días laborables y no laborables. Estos patrones pueden ser debidos al ritmo de vida de los usuarios del parque y su horario laboral. En las zonas frecuentadas (p. e. 3, 5 y caminos principales), los niveles de L_{Aeq} suelen ser más altos por la tarde que por la mañana, coincidiendo con la mayor afluencia de gente. Con respecto a la variación entre días no laborables y laborables, el periodo menos ruidoso es el de día no laborable por la mañana. Esto puede ser consecuencia del menor tráfico de vehículos en las calles circundantes. Las zonas 6A y 7A, también muestran este patrón.

Aunque la comparación directa entre parques urbanos no es muy objetiva, ya que los sonidos son dependientes de muchos factores, en el Retiro dominan los valores medios de L_{Aeq} entre 55-65 dB(A), próximos a los obtenidos en otros parques urbanos similares, como en Roma (Brambilla et al., 2013), e incluso algo más bajos comparados con parques urbanos de Tel-Aviv o Seúl (Cohen et al., 2014; Jeon y Hong, 2015). Sin embargo, aunque el Retiro sea un lugar para la relajación, disfrute u ocio, sus niveles de ruido son demasiado altos para considerarlo una zona tranquila según los criterios de la EEA (2014).

Paisajes sonoros

A partir de los indicadores acústicos se realizó un análisis de conglo-

merados jerárquicos para identificar los paisajes sonoros en cada periodo de muestreo, obteniendo como resultado la distribución mostrada en la Fig. 6. En todos los periodos de muestreo se han identificado al menos seis paisajes sonoros distintos. Algunos de estos paisajes sonoros no se agruparon con ningún otro, indicando la unicidad de sus características acústicas. Este es el caso de los sonidos del camino 1 y de la zona 6B. Ambos casos son bastante intuitivos, ya que el camino 1 destaca principalmente por los sonidos que provienen de los visitantes y sus actividades, mientras que la zona 6B destaca por la ausencia de los mismos, predominando los sonidos naturales.

Otro aspecto destacable, aunque no muy frecuente, es la posibilidad de encontrar paisajes sonoros similares en zonas relativamente alejadas, las zonas 7A y 1A, o 6A y 4A, en día laborable por la mañana. En todos los periodos de muestreo es frecuente que las zonas colindantes entre sí tengan paisajes sonoros similares. Sin embargo, existen algunos casos que diferencian mañanas y tardes, y días laborables y no laborables; por ejemplo: las zonas 3 y 5, donde se encuentran los palacios de Velázquez y de Cristal, se agrupan en el mismo paisaje sonoro en periodos de mañana y se diferencian en periodos de tarde; o las zonas 6B y 7B, que se agrupan en días laborables, mientras que la zona 6B en días no laborables adquiere un paisaje sonoro único en el parque.

Esta identificación de paisajes sonoros, junto con la caracterización acústica, podría ser útil para la gestión del parque. Podrían ser interesantes un análisis más profundo en distintos periodos del año o la utilización de otros métodos como los paseos sonoros (*soundwalks*), en los que los visitantes siguen rutas en función de la acústica (Evensen et al., 2016; Hong et al., 2010; Liu et al., 2014).

CONCLUSIONES

A partir de mediciones *in situ* de niveles de presión sonora con sonómetro y de grabaciones de sonido digitales, se pueden calcular indicadores que permiten obtener una caracterización acústica de un parque urbano e identificar sus paisajes sonoros. La posibilidad de repetir las mediciones en los

mismos puntos en distintos periodos de la semana o del día ofrece una visión más realista de la situación acústica del parque. Esto ha permitido constatar diferencias claras entre la mañana y la tarde, así como entre días laborables y no laborables. También se ha observado cómo el ritmo de vida de los usuarios del Retiro influye notablemente en sus características acústicas.

Los caminos principales, donde se concentran la mayor cantidad de usuarios, tienen los niveles de presión sonora más elevados, independientemente del periodo de muestreo. Otras zonas con niveles de ruido elevados son aquellas donde se combina el ruido del tráfico rodado con los sonidos generados por los visitantes. De forma contraria, las zonas interiores con más vegetación, menos personas y ruido del tráfico menos intenso son las que presentan niveles sonoros más bajos.

La caracterización de los paisajes sonoros ha permitido identificar zonas acústicamente similares y otras únicas. La zonificación del parque en función de sus niveles de ruido y la distribución de sus paisajes sonoros pueden servir como herramienta complementaria para la planificación y gestión de este espacio.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de L. Díaz y C. Iglesias ha sido financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España (proyecto AGL2015-68657-R). Los autores agradecen al Ayuntamiento de Madrid el permiso para realizar mediciones en el parque, y a los visitantes, su interés por el proyecto.

REFERENCIAS

- Ayuntamiento de Madrid. 2013. Tráfico: Información de intensidad media diaria (estudios anuales) 2012 y 2013. <http://datos.madrid.es/portal/site/egob/menuitem.c05c1f754a33a9f8e4b2e4b284f1a5a0/?vgnextoid=4a2e4207bb864410VgnVCM100000b205a0aRCRD&vgnnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM100000171f5a0aRCRD> (9.1.2017).
- Ayuntamiento de Madrid. 2016. Historia de El Retiro. <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Buscador-Simple/Historia-de-El-Retiro?vgnextfmt=default&vgnextoid=7c001d15ba89d210VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgnnextchannel=8db7566813946010VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD> (9.1.2017).
- BOE. 2003. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido. Boletín Oficial del Estado.
- Brambilla G, Gallo V, Asdrubali F et al. 2013. The perceived quality of soundscape in three urban parks in Rome. *J. Acoust. Soc. Am.* 134: 832–8399.
- 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. *Environ. Pollut.* 195: 73–83.
- DOUE. 2002. Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Diario Oficial de la Unión Europea. L-200, 189.
- EEA. 2014. *Good practice guide on quiet areas*. European Environment Agency, Luxembourg.
- Evensen KH, Raanaas RK, Fyhr A. 2016. Soundscape and perceived suitability for recreation in an urban designated quiet zone. *Urban For. Urban Green.* 20: 243–248.
- Hong JY, Lee PJP, Jeon JY. 2010. Evaluation of urban soundscape using soundwalking. *20th Int. Congr. Acoust.* 2–5.
- Jeon JY, Hong JY. 2015. Classification of urban park soundscapes through perceptions of the acoustical environments. *Landsc. Urban Plan.* 141: 100–111.
- Jim CY, Chen WY. 2006. Recreation-amenity use and contingent valuation of urban greenspaces in Guangzhou, China. *Landsc. Urban Plan.* 75: 81–96.
- Konijnendijk CC, Annerstedt M, Nielsen AB et al. 2013. Benefits of urban parks - A systematic review. *Int. Fed. Park. Recreat. Adm.* 1–68.
- Liu H, Li F, Li J et al. 2017. The relationships between urban parks, residents' physical activity, and mental health benefits: A case study from Beijing, China. *J. Environ. Manage.* 190: 223–230.
- Liu J, Kang J, Behm H et al. 2014. Effects of landscape on soundscape perception: Soundwalks in city parks. *Landsc. Urban Plan.* 123: 30–40.
- Szeremeta B, Zannin PHT. 2009. Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. *Sci. Tot. Environ.* 407: 6143–6149.
- Torija AJ, Ruiz DP, Ramos-Ridao AF. 2013. Application of a methodology for categorizing and differentiating urban soundscapes using acoustical descriptors and semantic-differential attributes. *J. Acoust. Soc. Am.* 134: 791–802.
- Zannin PHT, Ferreira AMC, Szeremeta B. 2006. Evaluation of noise pollution in urban parks. *Environ. Monit. Assess.* 118: 423–433.