

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD SONORA DE LAS ZONAS VERDES EN LAS AGLOMERACIONES URBANAS

Antonio J. Torija¹, Diego P. Ruiz¹, Ángel Ramos-Ridao

¹ Dpto. Física Aplicada Facultad de Ciencias

² Dpto. Ingeniería Civil E.T.S. de I.C.C.P.

Campus Fuentenueva s/n

Universidad de Granada

18071 Granada

Tel: 958 240 771

Fax: 958 243 214

E-mail: ajtorija@ugr.es; druiz@ugr.es; ramosr@ugr.es

Resumen

Con motivo del estilo de vida en las actuales aglomeraciones urbanas, existe la necesidad de disponer de zonas verdes dentro de las ciudades y así contar con áreas donde la vegetación y la naturaleza refuercen nuestra atención espontánea y, permitan que nuestro sistema sensorial se relaje y nos infunda nuevas energías, reduciendo nuestro estrés diario. Un adecuado paisaje sonoro en estos ambientes podría actuar, por tanto, como un elemento de restauración y confort para los habitantes de los actuales entornos urbanos. Existe la tendencia actual, por parte de las autoridades competentes, de promover y conservar las zonas verdes urbanas, seleccionando adecuadas especies vegetales, cuidando el paisaje visual, etc. pero, sin hacer hincapié en la necesidad de diseñar y conservar unos paisajes sonoros de gran calidad, los cuales sean capaces de proporcionar el ambiente natural, relajante, restaurador, confortable, etc., anhelado por los habitantes que visitan este tipo de emplazamientos. Por lo tanto, en este trabajo vamos a llevar a cabo un análisis de las características sonoras de las zonas verdes presentes en la ciudad de Granada, con objeto de conseguir detectar las principales deficiencias y, proponiendo una metodología para la caracterización sonora de este tipo de áreas.

Palabras-clave: Calidad sonora, paisajes sonoros urbanos, zonas verdes

Abstract

Due to the lifestyle in the current urban agglomerations, it exists the need to have green spaces inside the cities to be able to have areas where vegetation and nature reinforce our spontaneous attention and, allow us that our sensory system relax and injects us new energy, reducing our daily stress. A suitable soundscape in these environments might act, therefore, as an element of restoration and comfort for the inhabitants of the current urban environments. It exists the current trend, on the part of the competent authorities, of promoting and preserving the urban green spaces, selecting suitable plant species, taking care of the visual landscape, etc. but, in most cases, without emphasizing the need to design and preserve soundscapes of great quality, which are capable of providing the natural, relaxing, restorative, comfortable, etc; environments longed by the inhabitants who visit this type of emplacements. Therefore, in this work we are going to carry out an analysis of the sound characteristics of the green spaces in the city of Granada, in order to detect the principal deficiencies and to propose a methodology for the sound characterization of this type of areas.

Keywords: Sound quality, urban soundscapes, green areas

1 Introducción

Es ampliamente conocido el serio problema que representa para las actuales aglomeraciones urbanas la intensa contaminación acústica sufrida por la población. El uso masivo de vehículos motorizados ha generado un incremento en la aparición de sonidos de baja frecuencia, generando un permanente y continuo ruido de fondo característico de los ambientes urbanos. [1,2].

Hoy en día, autoridades locales están altamente involucradas con el bienestar social en sus ciudades [3]. Sin embargo, para arquitectos, proyectistas urbanos o diseñadores paisajistas, el conocimiento y referencias en el área de la mejora de la calidad ambiental es limitado [4].

La influencia del ruido sobre la calidad de vida del ambiente urbano ha sido tradicionalmente estudiada centrándose en los efectos negativos sobre el hombre, tales como molestia por ruido y perturbación en el sueño, pero, un enfoque más holístico que incluya aspectos positivos y negativos así como funciones no residenciales del ambiente urbano ha cobrado un renovado interés. El ambiente acústico urbano es considerado como un agregado de muchos sonidos que pueden evocar emociones específicas [5]. Los paisajes sonoros compuestos principalmente de ruido de tráfico rodado son descritos como desagradables, este tipo de paisajes sonoros están constituidos por una gran proporción de bajas frecuencias, con una característica estructura temporal y espectral, donde domina una gran variabilidad (temporal y espectral) así como la aparición de eventos aleatorios que aportan una gran cantidad de energía sonora. Sin embargo, en una investigación de Guastavino [6] se establece que los paisajes sonoros ideales son aquellos que incluyen una gran cantidad de ruidos humanos y categorizándolos de acuerdo con la significancia del tipo de actividades sociales realizadas y ruidos producidos, confirmando que el sonido es una necesidad existencial, esencial para el bienestar, no solo como música sino como una parte integral de la situaciones cotidianas [7].

Por todo ello, existe la necesidad de incluir en la evaluación de los paisajes sonoros urbanos el aspecto humano, por medio de un análisis de la interrelación entre la gente y el ambiente sonoro, evaluando el impacto del sonido sobre la población expuesta y considerando los requerimientos psico-sociales de manera que podamos componer paisajes sonoros que permitan el desarrollo de las actividades humanas con un alto grado de bienestar [8].

Por otro lado, debido al estilo de vida en las actuales aglomeraciones urbanas, la presencia de zonas verdes dentro de las ciudades, con áreas donde la vegetación y la naturaleza refuercen nuestra atención espontánea y, permitan que nuestro sistema sensorial se relaje y nos infunda nuevas energías, reduciendo nuestro estrés diario, aparecen como elementos indispensables a la hora de realizar un plan de ordenación urbana sostenible [9,10]. Un adecuado paisaje sonoro en estos ambientes podría actuar, por tanto, como un elemento de restauración y confort para los habitantes de los actuales entornos urbanos.

Además, existe la tendencia actual, por parte de las autoridades competentes, de promover y conservar las zonas verdes urbanas, seleccionando adecuadas especies vegetales, cuidando el paisaje visual, etc. pero, sin hacer hincapié en la necesidad de diseñar y conservar unos paisajes sonoros de gran calidad, los cuales sean capaces de proporcionar el ambiente natural, relajante, restaurador, confortable, etc, anhelado por los habitantes que visitan este tipo de

emplazamientos, ya que como podemos observar en un trabajo de Chiesura [11], un análisis de frecuencia de los motivos de la gente para visitar la naturaleza muestra que “El relax” es el motivo más frecuentemente mencionado por los visitantes, lo cual no es una sorpresa, debido a que en el contexto urbano la necesidad de relajarse y alejarse del frenético ritmo de la ciudad es particularmente grande. Por lo tanto, en este trabajo vamos a llevar a cabo un análisis de las características sonoras de los espacios verdes de la ciudad de Granada, para detectar las principales deficiencias y proponer una metodología para la caracterización sonora de este tipo de áreas, con objeto de integrar su diseño en la planificación urbana y, permitir el desarrollo de un paisaje sonoro urbano ecológicamente válida, a fin de conseguir la obtención de aglomeraciones urbanas sostenibles [12].

2 Metodología

2.1 Selección de las localizaciones a estudiar

Para llevar a cabo la investigación propuesta, han sido seleccionadas una serie de ubicaciones de la ciudad de Granada, catalogadas como “Espacios libres públicos” por el Plan General de Ordenación Urbana de la ciudad de Granada [13]. Con objeto de conseguir obtener una muestra representativa de los distintos tipos de áreas verdes y recreacionales presentes en la ciudad se utilizó una muestra de ubicaciones, la cual englobaba una serie de espacios libres públicos distribuidos a lo largo de los distintos barrios y distritos que conforman la ciudad, de manera que las localizaciones a estudiar se seleccionaron en función de dos criterios. Los dos criterios utilizados fueron: el número de personas visitantes y, el impacto de ruidos artificiales sobre ellas (su riqueza natural, presencia de fuentes de agua, etc.).

Además, se realizó una selección de localizaciones con paisajes sonoros considerados comúnmente como agradables, de manera que pudiéramos realizar un análisis de las diferencias encontradas entre este tipo de paisajes sonoros y los presentes en las áreas verdes seleccionadas en la ciudad y, poder establecer una serie de directrices a seguir para lograr que los paisajes sonoros de los espacios libres públicos urbanos sean más agradables para la población expuesta. Por ello, una serie de localizaciones de entornos rurales fueron seleccionadas, donde prevalecían sonidos naturales y humanos, así como una serie de puntos dentro del monumento histórico Alhambra, el cual no solamente posee una gran riqueza visual e histórica, sino también una gran riqueza sonora.

Para observar los diferentes tipos de paisajes sonoros seleccionados, en la tabla 1 mostramos las diferentes localizaciones seleccionadas así como su descripción.

Con la selección de estos paisajes sonoros perseguimos que los diferentes individuos encuestados indiquen las características acústicas que poseen cada uno de los distintos entornos estudiados, de manera que a partir de esta clasificación y con la medición de las características físicas seamos capaces de establecer un puente de unión entre el aspecto perceptual y físico y, se capaz de obtener una herramienta que nos permita a partir de una serie de mediciones clasificar y actuar sobre los distintos ambientes sonoros para adaptarlos a las necesidades de la población expuesta.

Tabla 1.- Descripción de los distintos escenarios seleccionados donde los paisajes sonoros fueron grabados

Código	Descripción
U30-U34	Plazas y parques urbanos situados en espacio abiertos, con poca riqueza natural y muy afectados por el tráfico rodado circundante. Localizaciones donde la mayoría de la gente transcurre sin permanecer en ellas.
U35-U42	Plazas y parques urbanos situados en espacios abiertos, con gran riqueza natural (canto de pájaros, fuentes de agua, etc.), aislados del tráfico rodado circundante. Localizaciones donde tiene lugar la aparición de una gran cantidad de gente caminando, leyendo, descansando, etc.
R1-R5	Localizaciones situadas en ambiente urbanos, donde predominan los sonidos naturales (pájaros cantando, cursos de agua, etc.) y, donde la incidencia de sonidos artificiales (tráfico rodado, obras de construcción, etc.) es mínima.
A1-A5	Localizaciones situadas en el monumento histórico Alhambra, el cual es un entorno con una gran riqueza natural y sonora.

2.2 Evaluación perceptual de los paisajes sonoros

A la hora de realizar un análisis perceptual del ruido podemos tomar dos caminos dependiendo de nuestro objetivo final [14]. Por un lado encontramos los trabajos experimentales de laboratorio o en otros ambientes controlados, con la reproducción de sonidos previamente grabados o sintetizados artificialmente. Este tipo de procedimientos presentan la ventaja de delimitar con detalle las características del estímulo estudiado pero dentro de un ambiente muy alejado del contexto natural urbano donde realmente tiene lugar [15]. Sin embargo, como establece [14], la evaluación de una determinada localización urbana depende de la manera en que se satisfacen las múltiples necesidades, tales como funcionalidad, estética y confort global (acústico, térmico, iluminación y ventilación), como se puede deducir de varios estudios relacionados con la evaluación del confort acústico [16]. En psicología ambiental, experimentos in situ muestran el efecto de la percepción multisensorial sobre la evaluación de las localizaciones urbanas [17], ya que la experiencia de audición de un determinado evento resulta de una interacción de un objeto en un momento y en un entorno [18].

Por lo que, en esta investigación, para la evaluación perceptual de los paisajes sonoros hacemos uso de un enfoque ecológico, el cual tiene en cuenta el hecho de que los ambientes sonoros son siempre percibidos como una conjunción multisensorial, lo cual puede interactuar con la valoración auditiva. Por lo que una serie de encuestas han sido realizadas en escenarios in situ, para cada una de las localizaciones seleccionadas, de manera que, al preguntar a la gente en situaciones reales, conseguimos mejorar la validez de sus respuestas [14].

Para ello ha sido desarrollado un cuestionario basado en diferencias semánticas, ya que permiten una evaluación de los paisajes sonoros de una forma más holística, lo que supone la obtención de información muy valiosa [19].

El cuestionario está compuesto por 3 módulos. El primer módulo consiste en una serie de ítems para evaluar, de manera general, el grado de preocupación del encuestado por los problemas ambientales, así como en cuanto al ruido ambiental como principal elemento contaminante en los entornos urbanos. Dentro del segundo módulo son incluidos una serie de ítems para la evaluación de la sensibilidad al ruido, usando una parte de la escala desarrollada por Zimmer and Ellermeier [20], habituación al ruido y actitud frente al ruido como contaminante, abordando la cuestión de si se considera o no el ruido como algo intrínseco y necesario para nuestro estilo de vida. Por lo que respecta al tercer módulo, en este se utiliza el método de diferencias semánticas para evaluar perceptualmente el paisaje sonoro por medio de la utilización de una serie de ítems (Tabla 2). Para nuestro trabajo, han sido seleccionados

una serie de atributos apropiados para la caracterización del ambiente sonoro. El módulo de diferencias semánticas fue construido con 15 escalas de valoración sonora específicas, mostradas en la tabla 2, describiendo las diferentes características acústicas del ambiente sonoro.

Tabla 2.-Definición de los atributos de las 15 escalas de diferencias semánticas consideradas

Características Acústicas		Atributos de las Escalas	Codificación	
			0	1
Fuerza	P1	Silencioso-Ruidoso	Silencioso	Ruidoso
Evaluación	P2	Agradable-Desagradable	Agradable	Desagradable
	P3	Nada Molesto-Muy Molesto	Nada Molesto	Muy Molesto
Impresiones Afectivas	P4	Relajante-Irritante	Relajante	Irritante
Preferencia	P5	Tranquilo-Perturbador	Tranquilo	Perturbador
Cotidianidad	P6	Intolerable-Tolerable	Intolerable	Tolerable
Ocupación Espacial	P7	Poco Presente-Muy Presente	Poco Presente	Muy Presente
Organización Espacial	P8	Desordenado-Ordenado	Desordenado	Ordenado
Localización Espacial	P9	Cercano-Lejano	Cercano	Lejano
Cambio Temporal	P10	Continuo-Discontinuo	Continuo	Discontinuo
	P11	Suave-Brusco	Suave	Brusco
Claridad	P12	Distinguible-Barullo	Distinguible	Barullo
Actividad	P13	Monótono-Variado	Monótono	Variado
Evolución Temporal	P14	Predecible-Caótico	Predecible	Caótico
Variación Temporal	P15	Calmado-Agitado	Calmado	Agitado

En total, 648 individuos fueron encuestados en todas las localizaciones, de manera que para cada una de las localizaciones seleccionadas fueron encuestados un mínimo de 10 individuos. El panel de individuos encuestados estuvo formado por una muestra de individuos que fueron seleccionados para conseguir la representatividad de la población de Granada en los principales aspectos sociológicos (edad, sexo, etc.). Los sujetos encuestados fueron personas que se encontraban en ese momento en el punto de estudio, sin considerar si vivían o no en ese lugar, ya que este es un aspecto sin influencia en la evaluación del paisaje sonoro [14]. Los encuestados necesitaron entre 10 y 15 minutos para responder al cuestionario.

2.3 Evaluación física de los paisajes sonoros

Para alcanzar los objetivos marcados en este trabajo, además de la caracterización perceptual del paisaje sonoro, es muy importante la caracterización física de éste, lo que implica la descripción del nivel sonoro total que afecta a la población procedente del entorno estudiado, así como sus características espectrales y temporales. El nivel global de energía sonora que recibe la población dentro del paisaje sonoro considerado nos muestra un factor muy importante a considerar en cuanto al análisis del grado de contaminación del entorno, pero no sólo es importante conocer el nivel de energía sonora, sino que como se demuestra en trabajos como [5] y [21] para correcta caracterización de un espacio sonoro es necesario considerar su estructura temporal y espectral.

Por lo que respecta a la caracterización de la estructura espectral del paisaje sonoro, en este trabajo se proponen una serie de descriptores, mediante los cuales se pretende una completa descripción de las características espectrales del ambiente considerado. La normativa actual, tanto nacional como europea, fundamentan la caracterización de la calidad sonora de los distintos tipos de zonas urbanas en

la utilización del descriptor L_{Aeq} , lo cual representa un déficit a la hora de conseguir ambientes sonoros integrados con las necesidades de la población, debido a que este parámetro se fundamenta en un nivel de presión sonora ponderado de acuerdo a una serie de frecuencias en las cuales oye el oído humano, por lo que puede llegar a despreciar e incluso no considerar otras frecuencias que esta demostrado tienen incidencia en la percepción del ambiente sonoro por parte de la persona [22].

Por esta razón, en este trabajo hemos desarrollado un análisis para conocer cuales son las bandas de frecuencia críticas para la descripción de las principales características perceptuales de los paisajes sonoros estudiados, evaluando el impacto de cada una de las bandas de frecuencia sobre las características sonoras presentadas a la población encuestada para la caracterización de los entornos sonoros. Por ello, hemos estudiado la influencia que tiene el valor del porcentaje de energía sonora en estas bandas de frecuencia, sobre el valor del atributo sonoro, marcado por la población encuestada, para cada una de las escalas perceptuales estudiadas. La importancia de este análisis es por un lado evaluar el rango de frecuencias con mayor interés en el estudio de los paisajes sonoros y, por otro lado, evaluar el contraste de la ponderación A con el rango de frecuencias obtenido, con mayor impacto en el estudio de ambiente sonoro exterior, para verificar su proximidad, y ser capaz de estimar las deficiencias de la ponderación A para la descripción y caracterización de los paisajes sonoros.

Otro de los aspectos relacionados con la estructura temporal de la energía sonora con un gran impacto sobre algunas características perceptuales del entorno sonoro, como por ejemplo, agradabilidad, molestia percibida, etc., es la aparición de componentes tonales (o tonos puros) (Landström et al., 1995). El criterio adoptado para la identificación de un componente tonal (o tono puro) fue que la banda de tercio de octava considerada debía tener al menos 4.75 dB por encima de las bandas de tercio de octava adyacentes.

Por otro lado, otro de los factores utilizados para la caracterización de la estructura espectral de la energía sonora ha sido la distribución de la energía sonora dentro del espectro obtenido en cada paisaje sonoro evaluado. El análisis de la evolución de la energía sonora a lo largo del espectro ha sido realizado por medio de la utilización del parámetro Variabilidad Espectral de la Energía Sonora (SSED).

$$SSED = \sigma_{SSE} \quad (1)$$

donde

σ_{SSE} = Desviación estándar del nivel de energía Sonora en cada una de las bandas de tercio de octava dentro del espectro.

Finalmente para la descripción de la estructura espectral del paisaje sonoro es necesario calcular otro parámetro relacionado con la potencia sonora media del espectro de frecuencia. Para ello el centro de gravedad del espectro (G) o centroide ha sido calculado, mediante la siguiente expresión:

$$G = \frac{\sum_i \left[\frac{L_i}{10^{10}} \times B_i \right]}{\sum_i \left[\frac{L_i}{10^{10}} \right]} \quad (2)$$

donde L es el nivel de energía sonora en dB, medido para cada ancho de banda de tercio de octava (B_i), desde 6.3 Hz hasta 20000 Hz.

En cuanto a la caracterización de las características temporales de los paisajes sonoros estudiados, en este trabajo nos centramos en el análisis de la macroestructura temporal de la energía sonora generada, como elemento de diagnóstico del entorno sonoro. Algunos estudios establecen el gran impacto de la estructura supra-segundo a la hora de caracterizar un entorno sonoro exterior, por lo que se proponen una serie de descriptores para la caracterización de la macroestructura temporal del paisaje sonoro.

En primer lugar se propone el descriptor Variabilidad Temporal de la Energía Sonora (TSED), como el nivel de fluctuación de la energía sonora en un determinado lugar a lo largo de un determinado intervalo de tiempo, resultando de la combinación del grado de fluctuación del nivel de energía sonora instantáneo y del nivel de fluctuación del nivel de energía sonora acumulado durante el periodo considerado [23].

$$TSED = \sigma_{ISE} * \sigma_{ASE} \quad (3)$$

donde:

σ_{ISE} = Desviación estándar del nivel de energía sonora instantáneo.

σ_{ASE} = Desviación estándar del nivel acumulado de energía sonora.

Por otro lado, para el análisis del nivel de impulsividad de la energía sonora, así como de la aparición de sucesos acústicos aleatorios cargados de gran cantidad de energía, característicos principalmente de entornos sonoros urbanos afectados por el tráfico rodado así como por otras fuentes sonoras como por ejemplo, obras de construcción, actividades de ocio-comerciales, etc., en este trabajo se propone la utilización del parámetro Factor Cresta (CF) de la señal y del estudio de la aparición de eventos sonoros anómalos [24]. Por lo que respecta al análisis del impacto de la aparición de eventos sonoros anómalos sobre la percepción del ambiente sonoro queda probado su gran incidencia en los entornos urbanos así como su efecto sobre la población, de ahí la importancia de su utilización para la caracterización de los paisajes sonoros.

En cuanto al factor cresta de la señal, es definido como la relación existente entre la extensión de la amplitud del pico de la forma de onda y su valor RMS.

$$CF = \frac{\text{Peak Level}}{\text{RMS Level}} \quad (4)$$

Finalmente, trabajos como [25] y [5] establecen basándose en autores [26] como el análisis de la dinámica temporal de los paisajes sonoros es un factor muy importante para describir como es percibido por la población expuesta. Trabajan sobre la base del comportamiento 1/f que tienen gran multitud de sistemas complejos así como una gran cantidad de tipos de música. Se establece que puesto que un sistema con un comportamiento 1/f supone un cierto nivel de agradabilidad, debido a que tiene una dinámica temporal similar a la música. Por lo que, se indica la necesidad de analizar el comportamiento 1/f como factor importante para la caracterización de los paisajes sonoros. La dinámica 1/f se basa en una dependencia lineal

sobre una escala log-log del nivel y del tono de la energía sonora de los paisajes sonoros analizados. Por esta razón, en este trabajo vamos a realizar un análisis de la dinámica temporal de cada uno de los distintos tipos de paisajes sonoros grabados para estimar su grado de proximidad a la dinámica 1/f, de manera que en base a los resultados obtenidos vamos a estudiar las distintas correlaciones existentes entre este factor y las distintas características perceptuales de los paisajes sonoros estudiados.

3 Resultados

Cuando analizamos los resultados obtenidos en el cuestionario de análisis perceptual de los paisajes sonoros comprobamos las diferencias existentes entre los distintos tipos de espacios sonoros analizados. Como podemos observar en la figura 1, la población encuestada sitúa los paisajes sonoros rurales (c) y Alhambra (d) como entornos con una gran calidad sonora, silenciosos, nada molestos, agradables, relajantes, tranquilos, etc. Consideran que son espacios sonoros ordenados, muy presentes, variados, suaves y calmados.

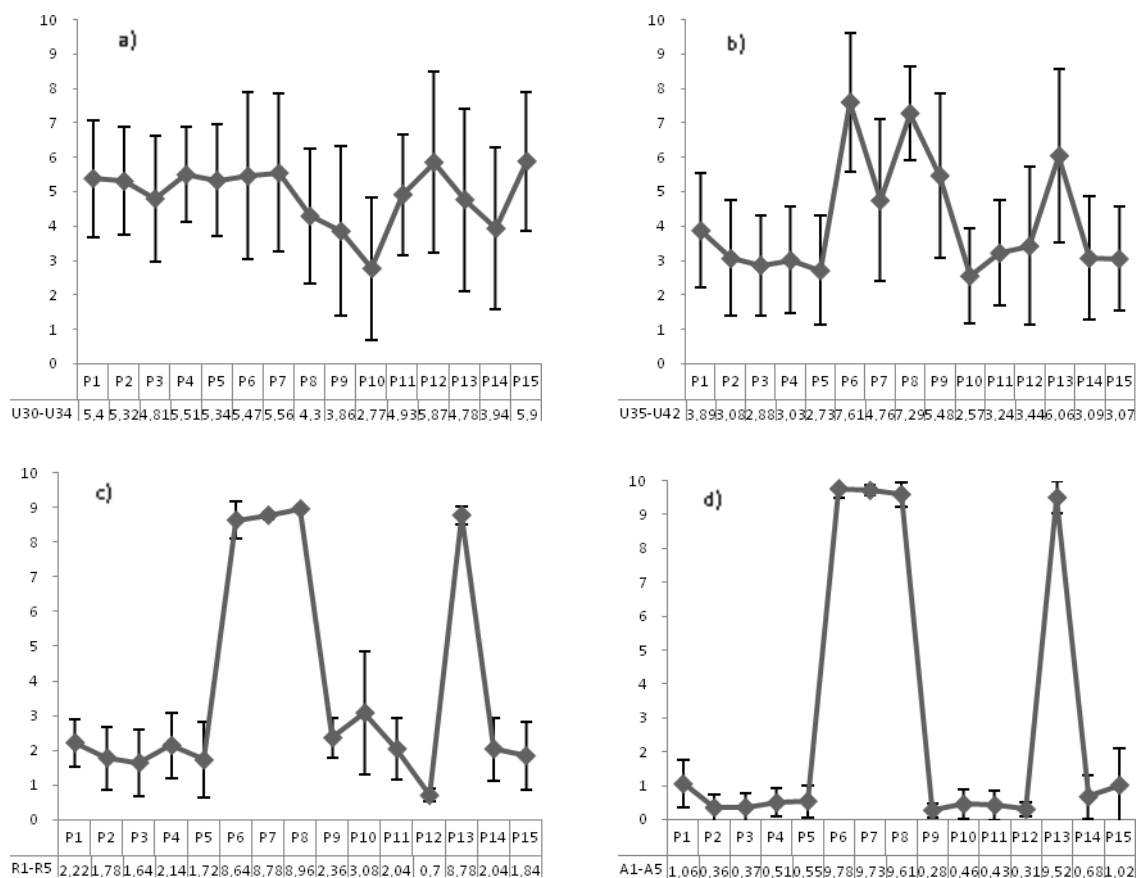


Figura 1.-Resultados obtenidos en el análisis perceptual de los distintos paisajes sonoros estudiados, a) U30-U34, b) U35-U42, c) R1-R5 and d) A1-A5, para cada una de las características acústicas estudiadas.

No obstante, cuando observamos los resultados obtenidos para el caso de los paisajes sonoros correspondientes a áreas verdes urbanas, sin afección de tráfico rodado y con cierta riqueza natural (b)

así como con afección de tráfico rodado y sin riqueza natural (a), comprobamos que comienzan a aparecer ciertas deficiencias, en cuanto a la calidad sonora del entorno, puesto que la población las sitúa como situaciones más molestas, ruidosas, desagradables, etc. Como consecuencia de la influencia del entorno sonoro urbano, este tipo de zonas se muestran más contaminadas acústicamente, por lo que su capacidad de satisfacción de las necesidades de la población se reduce, llegando incluso en el caso (a) a ser zonas ciertamente desagradables para la población.

En cuanto al análisis de las características físicas de los entornos sonoros analizados (Tabla 3), comprobamos al igual que en el caso anterior, las grandes diferencias que aparecen en cuanto al tipo de ambiente considerado. Por lo que respecta al nivel de energía sonora que incide sobre la población, observamos un fuerte escalón entre los entornos urbanos y los rurales y Alhambra. Esto mismo sucede con los factores variabilidad temporal y espectral de la energía sonora, factor cresta y número de eventos sonoros anómalos. En cuanto a la distancia a la dinámica 1/f, observamos como el paisaje sonoro Alhambra prácticamente sigue una dinámica 1/f, aumentando el valor de este parámetro conforme se produce una mayor incidencia de ruidos artificiales, como es el tráfico rodado urbano, algo que ocurre también con el valor del porcentaje de energía sonora en bandas de frecuencia críticas. Este parámetro ha sido establecido en función del análisis de las bandas de frecuencia con mayor impacto en las figuras acústicas ruidosidad, agradabilidad y molestia, obteniendo el rango de frecuencias 25-3150 Hz. El valor del centroide aumenta desde los espacios urbanos afectados por el tráfico rodado hasta el paisaje sonoro Alhambra, llegando a un valor de 4241.14. Por último, en cuanto a la aparición de componentes tonales, observamos un descenso del número de apariciones en los entornos rurales y Alhambra.

Tabla 3.-Resultados obtenidos en cuanto a los factores de caracterización física de la energía sonora para cada uno de los distintos tipos de paisajes sonoros estudiados.

Factor	U30-U34	U35-U42	R1-R5	A1-A5
Leq (dB)	73.57	73.35	57.14	61.24
Variabilidad Temporal de la Energía Sonora (TSED (dB))	2.32	1.26	1	0.49
Factor Cresta (CF)	1.2	1.13	0.38	0.18
Nº de Eventos Sonoros Anómalos (Nº ASE)	2.42	1.88	0.6	0
Distancia a Dinámica 1/f	0.157	0.093	0.076	0.006
Porcentaje de Energía Sonora en Bandas Críticas (PSE)	93.02	87.87	77.78	52.44
Centroide (G)	1325.68	1850.26	2779.59	4241.14
Variabilidad Espectral de la Energía Sonora (SSED (dB))	22.06	19.56	12.36	11.63
Nº Componentes Tonaless (Nº TC) entre 6,3-20 Hz	0.42	0	0	0
Nº Componentes Tonaless (Nº TC) entre 25-2500 Hz	2.28	1.11	1	0.6
Nº Componentes Tonaless (Nº TC) entre 3150-20000 Hz	1.42	0.66	0.2	0

A la vista de los resultados mostrados, podemos deducir que las autoridades urbanas deberían de tener como referencia las características sonoras de espacios con una gran riqueza, como son los paisajes sonoros rurales así como paisajes sonoros como la Alhambra, a la hora de diseñar y planificar las áreas verdes urbanas, de manera que podamos conseguir unas áreas de esparcimiento con las características que demanda la población.

3.1 Análisis de la relación existente entre los distintos tipos de factores físicos propuestos y las características perceptuales de los paisajes sonoros

Cuando analizamos la relación entre cada uno de los distintos factores físicos para la caracterización de la estructura temporal y espectral de la energía sonora y las características perceptuales de los

paisajes sonoros, observamos que cada una de las figuras acústicas incluidas en el cuestionario puede ser estimada a partir de dichos factores físicos.

Observando los resultados obtenidos (Tabla 4), vemos que cada característica perceptual del paisaje sonoro tiene un gran nivel de correlación (coeficiente r de Pearson) con uno o varios de los factores físicos estudiados. Así, conviene comentar que el factor distancia a la dinámica $1/f$ tiene un elevado nivel de correlación con la agradabilidad percibida por la población encuestada así como con el nivel de molestia percibida. El parámetro G tiene a su vez un elevado nivel de correlación con la agradabilidad percibida, con la ocupación espacial, el carácter ordenado, la localización espacial, la brusquedad, claridad y actividad del paisaje sonoro, por lo que se muestra un parámetro muy importante a la hora de diseñar un paisaje sonoro.

El parámetro variabilidad temporal de la energía sonora, como era de esperar, tiene un alto grado de correlación con el nivel de continuidad-discontinuidad de la energía sonora, debido a sus características propias. A su vez el factor variabilidad espectral de la energía sonora tiene un fuerte grado de correlación con la agradabilidad, molestia, impresión afectiva, preferencia, cotidianeidad y brusquedad. El factor PSE tiene importante correlación con la ruidosidad, agradabilidad, molestia y brusquedad.

Tabla 4.-Factores para la caracterización del nivel de energía sonora y su estructura temporal y espectral con mayor grado de correlación con las características perceptuales de los paisajes sonoros analizados

Características Perceptuales del Paisaje Sonoro		Factores con Mayor Correlación (Coeficiente r de Pearson)
Fuerza	Silencioso-Ruidoso	Leq ($r = 0.836$) y PSE ($r = 0.784$).
Evaluación	Agradable-Desagradable	Distancia a Dinámica $1/f$ ($r = 0.864$), PSE ($r = 0.841$), G ($r = -0.820$) y SSED ($r = 0.848$).
	Nada Molesto-Muy Molesto	Nº ASE ($r = 0.831$), Distancia a Dinámica $1/f$ ($r = 0.830$), PSE ($r = 0.823$), SSED ($r = 0.824$), Nº TC 25-2500 Hz ($r = 0.757$) y Nº TC 3150-20000 Hz ($r = 0.716$).
Impresiones Afectivas	Relajante-Irritante	Nº ASE ($r = 0.830$), SSED ($r = 0.837$), Nº TC 25-2500 Hz ($r = 0.799$) y Nº TC 3150-20000 Hz ($r = 0.727$).
Preferencia	Tranquilo-Perturbador	Nº ASE ($r = 0.798$), SSED ($r = 0.813$), Nº TC 25-2500 Hz ($r = 0.814$) y Nº TC 3150-20000 Hz ($r = 0.768$).
Cotidianeidad	Intolerable-Tolerable	Leq ($r = -0.684$) y SSED ($r = -0.698$).
Ocupación Espacial	Poco Presente-Muy Presente	G ($r = 0.777$).
Organización Espacial	Desordenado-Ordenado	Nº ASE ($r = -0.609$), G ($r = 0.737$) y SSED ($r = -0.857$).
Localización Espacial	Cercano-Lejano	G ($r = -0.662$).
Cambio Temporal	Continuo-Discontinuo	TSED ($r = 0.702$).
	Suave-Brusco	CF ($r = 0.797$), PSE ($r = 0.708$), G ($r = -0.861$), SSED ($r = 0.851$), Nº TC 25-2500 Hz ($r = 0.835$) y Nº TC 3150-20000 Hz ($r = 0.781$).
Claridad	Distinguible-Barullo	G ($r = -0.734$).
Actividad	Monótono-Variado	G ($r = 0.708$).
Evolución Temporal	Predecible-Caótico	Nº ASE ($r = 0.644$).
Variación Temporal	Calmado-Agitado	Nº ASE ($r = 0.880$), Nº TC 25-2500 Hz ($r = 0.811$) y Nº TC 3150-20000 Hz ($r = 0.802$).

Por último otros factores con gran importancia son el factor cresta, con gran correlación con la brusquedad del paisaje sonoro, el número de eventos sonoros anómalos, con alta correlación con respecto a la molestia, impresión afectiva, preferencia, organización espacial y evolución temporal, y el número de componente tonales (entre 25-2500 Hz y entre 3150-20000 Hz), con gran correlación con respecto a la molestia, impresión afectiva, preferencia, brusquedad y evolución temporal.

A la vista de los resultados obtenidos, podemos establecer que a partir de la utilización de los parámetros físicos propuestos en este trabajo podemos desarrollar el diseño y planificación, así como evaluación, de las aéreas verdes urbanas con el objetivo final de adaptarlas a las necesidades de la población, por medio de la única realización de mediciones físicas de la energía sonora, con el ahorro en medios y tiempo que supone la no necesidad de realizar un análisis social-perceptual de la población afectada.

4 Conclusiones

Como conclusión, conviene comentar que en este trabajo se propone una metodología a la hora de caracterizar los paisajes sonoros, desde dos puntos de vista, físico y perceptual, de manera que con la integración de ambos somos capaces de diseñar unos entornos sonoros adaptados a las necesidades de la población. A su vez concluimos que a partir de los distintos factores físicos propuestos, para la caracterización de la estructura temporal y espectral de la energía sonora, somos capaces de estimar las distintas características perceptuales del paisaje sonoro estudiadas, aspecto con gran valor por lo que supone en ahorro de tiempo y medios a la hora de diseñar un escenario sonoro, puesto que se evita la realización de un estudio social-perceptual. Además, comprobamos como los paisajes sonoros rurales y paisajes sonoros sigulares, como en este caso el paisaje sonoro Alhambra, deben de servirnos de guía a la hora de diseñar áreas verdes para la población, a la vista de su gran riqueza y calidad sonora.

Referencias

- [1] Ruocco, M. R., 1974. Background noise. *Environmental Health*, 6-11.
- [2] Attenborough, K., Clark, S., Utley, W.A., 1976. Background noise levels in the United Kingdom. *J. Sound Vib.* 48, 359-375.
- [3] Raimbault, M., Dubois, D., 2005. Urban soundscapes: Experiences and knowledge. *Cities* 22, 339-350.
- [4] Durmisevic, S., Sariyildiz, S., 2001. A systematic quality assessment of underground spaces – public transport stations. *Cities* 18, 13-23.
- [5] Botteldooren, D., De Coensel, B., De Muer, T., 2006. The temporal structure of urban soundscapes. *J. Sound Vib.* 292, 105-123.
- [6] Guastavino, C., 2003. Etude sémantique et acoustique de la perception des basses fréquences dans l'environnement sonore urbain (Ph.D. Thesis). Univ. Paris 6.
- [7] Stockfelt, T., 1991. Sound as an existential necessity. *J. Sound Vib.* 151, 367-370.
- [8] Raimbault, M., 2002. Simulation des ambiances sonores urbaines: integration des aspects qualitatifs (Ph.D. Thesis). Univ. Nantes, 268.
- [9] Barbosa, O., Tratalos, J.A., Armsworth, P.R., Davies, R.G., Fuller, R.A., Johnson, P., Gaston, K.J., 2007. Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. *Landscape Urban Plan.* 83, 187-195.

- [10]Gidlöf-Gunnarsson, A., Öhrström, E., 2007. Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landscape Urban Plan.* 83, 115-126.
- [11]Chiesura, A., 2004. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape Urban Plan.* 68, 129-138.
- [12]Prescott-Allen, R., 1991. *Caring for the Earth: A strategy for sustainable living.* IUCN, The World Conservation Union, United Nation Environmental Program, Worldwide Fund for Nature, Gland, Switzerland.
- [13]<http://www.granada.org/inet/wpgo.nsf>
- [14]Raimbault, M., Lavandier, C., Bérengier, M., 2003. Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities. *Applied Acoustics* 64,1241-1256.
- [15]Vogel, C., 1999. Etude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain. Ph.D. Thesis. Univ. Paris, 1999.
- [16]Viollon, S., Lavandier, C., Drake, C., 2002. Influence of visual setting on sound ratings in an urban environment. *Applied Acoustics* 63, 493-511.
- [17]Bonaiuto, M., Fornara, F., Bonnes, M., 2003. Indexes of perceived residential environment quality and neighborhood attachment in urban environments: a confirmation study on the city of Rome. *Landscape and Urban Planning* 65, 41-52.
- [18]Gaver, W., 1993. What in the world do we hear? An ecological approach to auditory event perception. *Ecological Psychology* 5, 1-29.
- [19]De Coensel, B., Botteldooren, D., 2006. The quiet rural soundscape and how to characterize it. *Acta Acustica United with Acustica* 92, 887-897.
- [20]Zimmer, A., Ellermeier, W., 1998. Konstruktion und Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung der individuellen Lärmempfindlichkeit. *Dignostica* 44, 11-20.
- [21]Berglund, B., Hassmén, P., Preis, A., 2002. Annoyance and spectral contrast are cues for similarity and preference of sounds. *J Sound Vib.* 2002, 53-64.
- [22]Berglund, B., Hassmén, P., Job, R.F.S., 1996. Sources and effects of low-frequency noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 99, 2985-3002.
- [23]A. J. Torija, D. P. Ruiz and A. Ramos: A method for prediction of the stabilization time in traffic noise measurements. 19th International Congress on Acoustics, Madrid, (2007).
- [24]A. J. Torija, D. P. Ruiz and A. Ramos: Obtaining of a factor to describe the anomalous sound events in traffic noise measurements. 19th International Congress on Acoustics, Madrid, (2007).
- [25]De Coensel, T., Botteldoren, D., De Muer, T., 2003. 1/f noise in rural and urban soundscapes. *Acta Acustica United with Acustica* 89, 287-295.
- [26]Voss, R.F., Clarke, J., 1975. 1/f noise in music and speech. *Nature* 258, 317-318.