

EL ESPECTROGRAMA COMO BASE PARA LA AGRUPACIÓN DE PAISAJES SONOROS URBANOS

PACS: 89.65.Lm

Moreno Escorza, Javier⁽¹⁾; Zamora i Mestre, Joan-Lluís⁽²⁾

⁽¹⁾ Dep. de Construcciones Arquitectónicas I (CA1). ETSAB. Universidad Politécnica de Catalunya. 08028, Barcelona. España.
E-Mail: jme.arq@gmail.com

⁽²⁾ Dep. de Construcciones Arquitectónicas I (CA1). ETSAB. Universidad Politécnica de Catalunya. 08028, Barcelona. España.
E-Mail: joan.lluis.zamora@upc.edu

ABSTRACT

The main sound urban planning tool is the sound intensity level (dB), Which is not useful enough to show the time and frequency variation of sound. It is necessary to propose new and simple tools to help professionals. In this paper it evaluates the use of the spectrogram to characterize urban soundscapes predominantly commercial use. 16 urban environments have been evaluated in Barcelona, analyzing their spectrograms in relation to its commercial urban morphology and intensity. The spectrogram has been useful to understand how different urban configurations modulate the soundscape through the main noise source in the city, the vehicle traffic.

RESUMEN

La principal herramienta de planeamiento urbanístico sonoro es el nivel de intensidad sonora (dB), la cual no es suficientemente útil para mostrar la variación temporal y frecuencial del sonido. Es necesario proponer nuevas y sencillas herramientas de ayuda a los profesionales. En esta comunicación se evalúa el uso del espectrograma para caracterizar paisajes sonoros urbanos con predominio del uso comercial. Se han evaluado 16 entornos urbanos de Barcelona, analizando sus espectrogramas en relación a su morfología urbana e intensidad comercial. El espectrograma se ha mostrado útil para entender cómo las distintas configuraciones urbanas modulan el soundscape a través de la principal fuente sonora en la ciudad, el tráfico rodado.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 40 años la percepción social del sonido en la ciudad se refleja en la abundante promulgación de normativas con un objetivo primario: la reducción y limitación del nivel de intensidad sonora en el espacio social exterior. Sin embargo, estudios como el llevado a cabo

en la universidad de Zhejiang, China [1], demuestran que el parámetro nivel de intensidad (dB) necesita de más elementos para caracterizar plenamente la complejidad de la acústica urbana.

El comercio, al igual que cualquier otra actividad urbana, ha buscado siempre reunir a su alrededor las condiciones más propicias para su desarrollo, bien seleccionando el mejor emplazamiento o bien modificando a lo largo del tiempo las condiciones de éste. Entre estas condiciones ambientales favorables se puede encontrar la acústica. El comercio urbano necesita un lugar físico, un espacio público para desarrollarse plenamente y esto ha influido también en la configuración urbana de las poblaciones. Desde el ágora griega hasta el "mall" anglosajón, el impacto del comercio en el ambiente urbano ha sido y es importante.

Por lo tanto encontrar nuevas herramientas para caracterizar mejor el sonido urbano en relación con su entorno urbanístico y las actividades que en él se desarrollan, puede ser de utilidad tanto para futuras rehabilitaciones de zonas existentes en la ciudad como para nuevos proyectos urbanísticos.

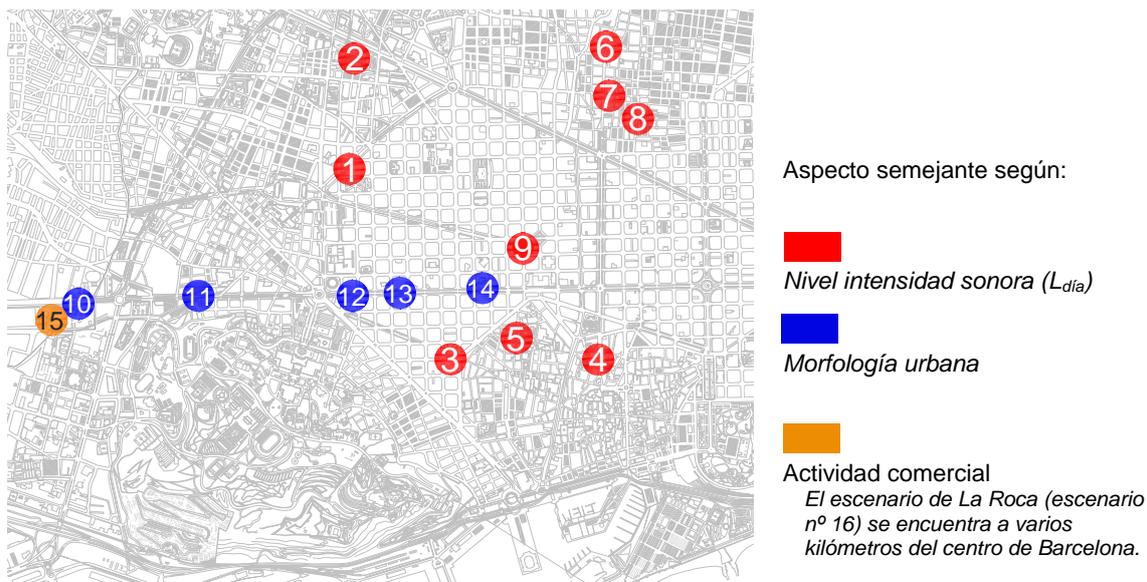
OBJETIVO

Este estudio forma parte de una investigación más amplia en forma de tesis doctoral. El objetivo de este estudio era el desarrollo y puesta a punto de un método para la recogida y posterior análisis de datos acústicamente relevantes referentes a escenarios urbanos. Dichos datos son de tres diferentes naturalezas: acústica (soundscape), constructiva (morfología urbana) y comercial (actividad comercial). El método de análisis ha evaluado el espectrograma como herramienta caracterizadora base a partir de la cual establecer correlaciones entre los datos de las tres naturalezas en una serie de escenarios urbanos concretos.

METODOLOGÍA EMPLEADA

En base a los tres aspectos en los que se pretende analizar un escenario: actividad comercial, morfología urbana y soundscape, se ha propuesto la selección de escenarios dónde uno de estos tres aspectos no varíe sustancialmente y así analizar mejor que sucede con el resto de los aspectos. Se han buscado diversos escenarios manteniendo la mayor semejanza respecto a su:

- *Nivel intensidad sonora ($L_{día}$)*. Se han escogido nueve escenarios diversos basados en su mismo nivel de intensidad sonora ($L_{día}$) según los datos del mapa acústico de Barcelona (2010) y se ha tenido en cuenta que presentaran variedad en su morfología urbana y su actividad comercial.
- *Morfología urbana*. Para mantener un entorno de diseño urbano y arquitectónico semejante, se ha escogido la calle de la Gran Vía de Barcelona, ya que es una vía larga (13 Km) que atraviesa diferentes partes de la ciudad de Barcelona. Se han seleccionado cinco tramos de esta vía con diferentes intensidades comerciales. Se ha propuesto definir el parámetro "intensidad comercial" como la ratio entre los intensidad comercial como los metros lineales de fachada de comercio por los metros de fachada total del tramo estudiado.
- *Actividad comercial*. Se han seleccionado como referencia dos escenarios comerciales absolutos, definiendo "absolutos" como un ambiente público urbano donde la actividad comercial es la única. Se han seleccionado dos centros comerciales en el área de Barcelona, el primero, es un área comercial al aire libre, en la periferia metropolitana de la ciudad, llamada La Roca Village (La Roca), y el segundo es un centro comercial convencional cerrado, llamado Gran Vía 2 ("Centro Comercial").

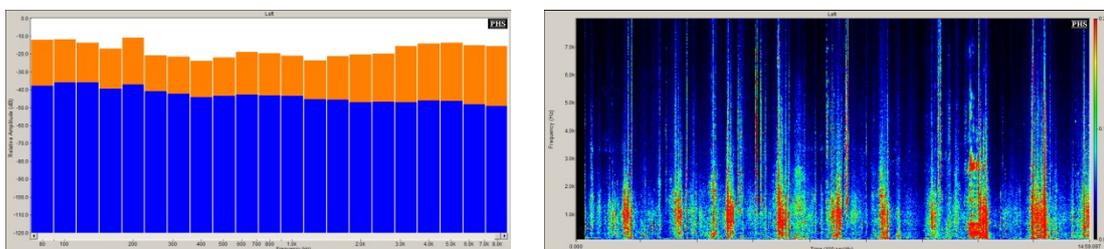


(Fig. 1) Mapa de situación de los escenarios seleccionados en la ciudad de Barcelona

La herramienta utilizada para la realización de las grabaciones digitales ha sido una grabadora digital con micrófono (TASCAM Dr-07 mkII). El aparato de grabación se ha colocado a 1 metro de la fachada evitando el efecto pantalla y a un metro de altura, intentando no perjudicar el flujo de peatones y procurando no tener pantalla con los vehículos aparcados. Para su posterior procesamiento se ha utilizado el software informático SpectraPlus.

Para cada escenario (Fig. 1) se han recogido también datos de campo con la intención de caracterizar el escenario estudiado a través de indicadores de las tres naturalezas antes expuestas. La recogida de indicadores se ha realizado de la siguiente manera:

- Los indicadores de diseño urbano. Son los elementos de construcción y diseño que conforman el entorno urbano.
- Los indicadores de naturaleza comercial, que serían los que reflejan la intensidad de la presencia de la actividad comercial (longitud de ocupación de fachada). Para agrupar tipologías de comercio se ha tomado una clasificación propuesta por la Diputación de Barcelona en el libro Barcelona, Ciutat i Comerç (2008) [2].
- Los indicadores de naturaleza sonora (soundscape). Las grabaciones realizadas (15 min. de duración) han sido registradas en archivos de formato .wav se han procesado con software adecuado para obtener el espectrograma y el espectro de frecuencias de cada escenario. A partir de estos datos se han elaborado unos parámetros datos numéricos para caracterizarlos.



(Fig.2) Espectro y espectrograma de un grabación de un escenario

A continuación se presenta una tabla (Fig. 3) dónde se resumen el conjunto de los indicadores que se han propuesto y una breve explicación de cada uno.

CUADRO RESUMEN DE LOS INDICADORES PROPUESTOS		
	INDICADOR	CONCEPTO
Constructivos	Altura/Anchura (Media)	Media aritmética de la relación entre la altura de las fachadas y la anchura de la vía del tramo estudiado
	Anchura (Media)	Anchura media de la vía del tramo estudiado. Expresado en metros
	Acera/Calle (Media)	Media aritmética de la relación entre los metros lineales de ancho de la acera, medidos en la sección de la vía, respecto a los metros lineales de ancho totales de la vía, también medidos en sección
	Personas (Escaleras, pasos de cebra)	Número de elementos urbanos capaces de variar el flujo de circulación de las personas
	Vehículos (Rampas, semáforos)	Número de elementos urbanos capaces de variar el flujo de circulación de los vehículos que componen el tráfico rodado
Comerciales	AI Det. (AI detalle)	Porcentaje de longitud de fachada comercial de tipo <i>AI detalle</i> sobre la totalidad de la longitud de fachada de uso comercial del tramo
	Ser. (Servicios)	Porcentaje de longitud de fachada comercial de tipo <i>Servicios</i> sobre la totalidad de la longitud de fachada de uso comercial del tramo
	C.C (Centro Comercial)	Porcentaje de longitud de fachada comercial de tipo <i>Centro Comercial</i> sobre la totalidad de la longitud de fachada de uso comercial del tramo
	Intensidad comercial	Relación entre la longitud de la fachada comercial respecto de la longitud total de la fachada, en el tramo viario estudiado
	PRO/ACEP	Relación de la longitud de fachada del conjunto de los locales que SI producen sonido a un nivel "importante" y por lo tanto un intercambio de energía sonora con el exterior de su entorno y SI aceptan el sonido exterior
	PRO/INACEP	Relación de la longitud de fachada del conjunto de los locales que SI producen sonido a un nivel "importante" y por lo tanto un intercambio de energía sonora con el exterior de su entorno Y NO aceptan el sonido exterior
	NOPRO/ACEP	Relación de la longitud de fachada del conjunto de los locales que NO producen sonido a un nivel "importante" y por lo tanto un intercambio de energía sonora con el exterior de su entorno Y SI aceptan el sonido exterior
	NOPRO/INACEP	Relación de la longitud de fachada del conjunto de los locales que NO producen sonido a un nivel "importante" y por lo tanto un intercambio de energía sonora con el exterior de su entorno Y NO aceptan el sonido exterior
Sonoros	CG_ESP	Centro de gravedad del Espectro medio (EM)
	CG_VAR	Centro de gravedad de la diferencia entre el nivel de intensidad sonora máxima (EI) y (EM) de cada banda de 1/3 octava del espectro
	Variación	La suma del área comprendida entre el valor máximo de intensidad y el valor promedio por cada tercio de banda de frecuencia.
	Regresión de frecuencias	La recta que define la regresión de los valores máximos de amplitud relativa (dB) de cada banda de 1/3 octava del espectro
	Numero de ciclos	Si en los gráficos se detectan ciclos de repetición, el número que se dan en los 15 minutos de grabación.
	Número de picos/15 min.	El número de picos de intensidad que se manifiestan durante los 15 minutos de grabación.
	Total tiempo sonido	La suma del tiempo de duración de todos los picos de intensidad apreciados durante los 15 minutos de grabación
	Total tiempo silencio	La suma del tiempo de todos los segundos que transcurren entre picos de intensidad durante los 15 minutos de grabación, expresado en segundos
	Tiempo ciclo total	La suma del tiempo transcurrido cada vez que se repite un ciclo de intensidad alta y baja con una semejanza. El reconocimiento de esta semejanza se ha basado en una percepción visual y numérica.
	Rango	Valor de la frecuencia máxima general del espectrograma. Este dato está basado en una percepción visual subjetiva del analizador del gráfico y busca reflejar de forma aproximada dónde se sitúan los máximos en general.
	Intensidad (%oscuro)	Porcentaje de píxeles oscuros que existen en las zonas de silencio. Su valor se basa en un dato proporcionado por el programa ClearImage, que calcula la cantidad de oscuridad de una imagen por porcentaje de píxeles (en este caso será la parte del espectrograma que corresponde a las zonas de silencio).

(Fig. 3) Tabla resumen de los indicadores considerados en cada escenario

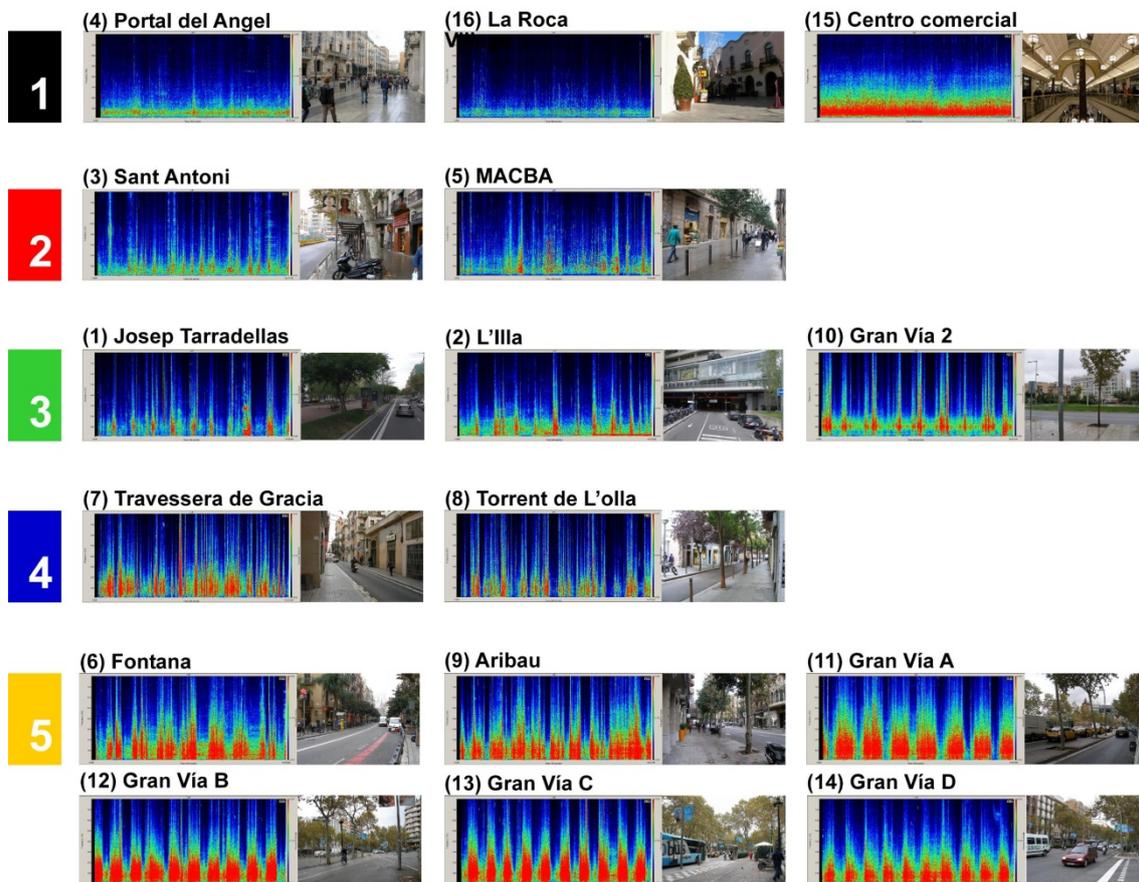
La toma de datos se ha realizado en dos etapas:

1. La toma de datos "in situ" para cada escenario, etapa en la cual se han recogido los indicadores de morfología urbana y los comerciales. También se han realizado las grabaciones digitales de 15 minutos de duración.
2. En la segunda etapa se han procesado las grabaciones sonoras con software informático para así obtener los espectrogramas y espectros de frecuencias referentes a cada escenario.

EL ESPECTROGRAMA COMO BASE PARA LA AGRUPACIÓN DE ESCENARIOS

Se ha utilizado el espectrograma de cada escenario para agruparlos por afinidad visual. En un siguiente paso se ha analizado si entre los escenarios con un espectrograma afín los indicadores de las tres naturalezas muestran correlaciones importantes.

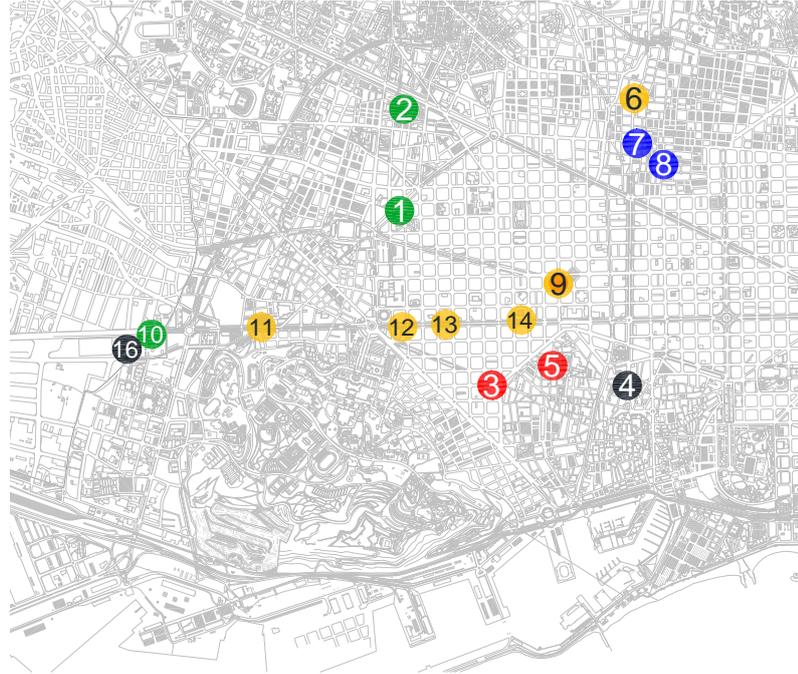
La siguiente figura (Fig. 4) representa la agrupación por afinidad de todos los espectrogramas de los 16 escenarios:



(Fig. 4) Propuesta de cinco tipologías según la agrupación por afinidad de todos los espectrogramas de los 16 escenarios

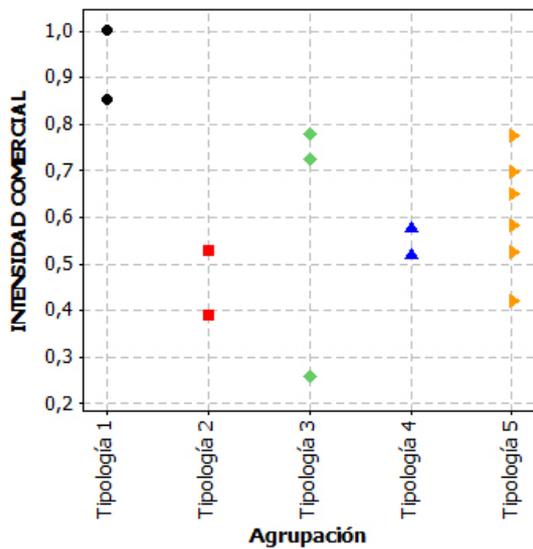
En general se aprecia que el elemento más relevante para la diferenciación visual de los espectrogramas es la presencia del tráfico rodado que se manifiesta fuertemente cíclico por la semaforización generalizada de la ciudad de Barcelona. La tipología 1 son vías peatonales, la tipología 2 son vías escasamente traficadas, la tipología 3 son grandes vías con escaso tráfico, la tipología 4 son vías de un barrio histórico con calles pequeñas y estrechas y la tipología 5 corresponde a grandes avenidas traficadas.

En la figura siguiente (Fig. 5) se sitúan en el mapa los escenarios agrupados por colores las tipologías descritas en la (Fig.3). Las tipologías 2, 4 y 5 parecen encontrarse en escenarios cercanos y de morfología urbana parecida. Se ha procedido a evaluar si esta afinidad formal se corresponde con una en correlaciones de los indicadores propuestos y por lo tanto las agrupaciones tienen un fundamento tipológico.

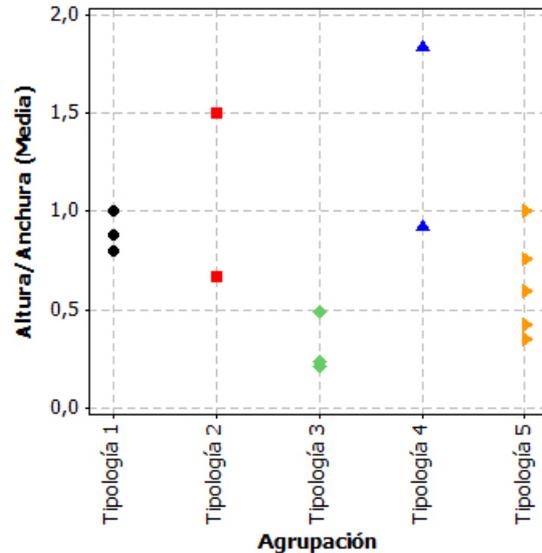


(Fig. 5) Mapa de situación de los escenarios según las tipologías descritas en la agrupación tipológica (Fig. 4)

Para buscar las posibles correlaciones entre indicadores se han utilizado graficas de dispersión con grupos para comparar indicadores según las tipologías de la agrupación (Fig.3). También se ha usado la regresión lineal para comparar los espectros. Cada color (negro, rojo, verde, azul y amarillo) hace referencia a la tipología de la agrupación (Fig. 3). A continuación se detallan las correlaciones de algunos indicadores:



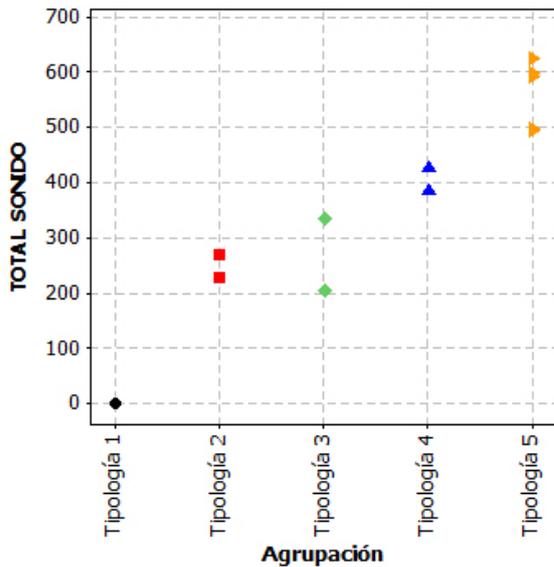
(Fig.6) Gráfica comparativa del indicador Intensidad Comercial respecto a las agrupaciones tipológicas



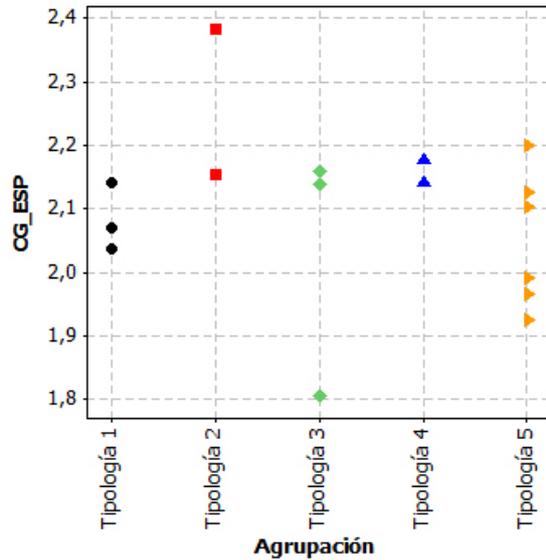
(Fig.7) Gráfica comparativa del indicador Altura/Anchura (Media) respecto a las agrupaciones tipológicas

La (Fig.6) muestra que el indicador Intensidad Comercial se mantiene en valores próximos en las Tipologías 1,2 y 4. En la tipología 3 un escenario se aleja considerablemente de los otros dos. Los correspondientes escenarios de la tipología 5 presentan este indicador dentro de un rango bastante amplio (0,4-0,75). La tipología 1 es la que presenta valores más altos del indicador Intensidad Comercial, mientras la tipología 2 parece presentar los valores más bajos. Mientras que en la (Fig. 7) el indicador Altura/Anchura (Media) en las tipologías 1 y 3 se presenta en valores más cercanos.

También se ha analizado los indicadores sonoros para evaluar la correlación del espectrograma con otros parámetros de un soundscape.



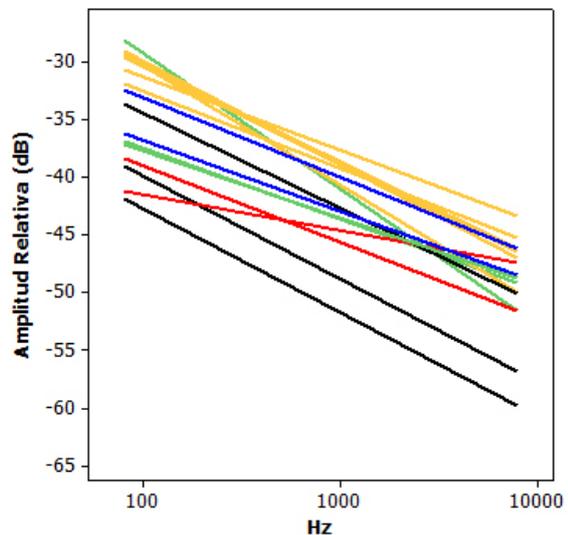
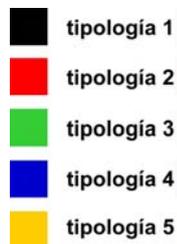
(Fig.8) Gráfica comparativa del indicador Total Sonido respecto a las agrupaciones tipológicas



(Fig.9) Gráfica comparativa del indicador CG_ESP respecto a las agrupaciones tipológicas

La (Fig.8) muestra que el indicador Total tiempo sonido muestra valores crecientes casi linealmente, además de mostrar una semejanza entre los valores de los escenarios de una misma tipología. En la (Fig.9), por el contrario los valores son más dispares entre escenarios de la misma tipología, y solamente las tipologías 1 y 3 parecen mostrar más semejanza.

Por último (fig.10) se han comparado la amplitud relativa de los espectros de frecuencias de cada escenario utilizando la regresión lineal de los valores máximos de cada banda de 1/3 octava de cada espectro. Las regresiones de la tipología 1 (negro) tienden a ser las de valores más bajos, mientras que las regresiones de la tipología 5 parecen marcar los valores más altos. La tipología 1, 2 y 5 parecen mostrar valores semejantes entre los escenarios de una misma tipología.



(Fig.10) Gráfica comparativa de la regresión lineal de los valores por 1/3 de bandas de octava de los espectros de frecuencias, respecto a las agrupaciones tipológicas.

CONCLUSIONES

El método de análisis propuesto basado en un conjunto de tres familias de indicadores parece capaz de relacionar características que inciden simultáneamente en un soundscape. El espectrograma es una potente herramienta con alta capacidad de comunicación visual para entender algunos escenarios urbanos complejos. Entre escenarios con espectrogramas semejantes agrupables en tipologías, parece existir indicios de correlaciones entre algunos indicadores referidos a esos escenarios. De todos modos, la cantidad de escenarios analizados aun no permite establecer conclusiones definitivas pero si orientar futuros avances en la comprensión de una realidad tan compleja y dinámica como los soundscapes y más definidas.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Doctorado Arquitectura, Energía y Medio Ambiente de la ETSAB de la Universidad Politécnica de Catalunya de Barcelona y al área de Comercio de la Diputación de Barcelona por el apoyo concedido.

REFERENCIAS

- [1] Huang Yifan, Di Guoqing, Zhu Yiting, Hong Youpeng, Zhang Bangjun (2007). *Pair-wise comparison experiment on subjective annoyance rating of noise samples with different frequency spectrums but same A-weighted level*. *Applied Acoustics* vol. 69 issue 12 December, 2008. p. 1205-1211.
- [2] Barcelona, ciudad y comercio (2009). Ajuntament de Barcelona. (<http://w3.bcn.cat/comerc>)
- [3] Diputació de Barcelona, Xarxa de Municipis (2007). Manual de bones pràctiques per als establiments comercials, Guia per a la creació d'un comerç al detall.. Barcelona.
- [4] Kang, J. (2007). *Urban sound environment*. Taylor & Francis incorporating Spon, London.
- [5] Serra Florensa, R. (1999). *Arquitectura y Clima*. Gustavo Gili. Barcelona.
- [6] Raimbault, M., Lavandier, C., Bérengier, M. (2003). *Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities*. *Applied Acoustics* 64. 1241-1256.
- [7] Botteldooren, D., De Coensel, B., De Muer, T. (2004). *The temporal structure of the urban soundscape*. Acoustics Group, Department of Information Technology, Ghent University. B-9000 Gent, Belgium.
- [8] De Coensel, B., Botteldooren, D. (2006) *The quiet rural soundscape and how to characterize it*. *Acta Acustica United With Acustica*. Volume: 92, Issue: 6, Publisher: S HIRZEL VERLAG GMBH AND CO, Pages: 887.
- [9] Tarragó i Balagué, M. (1999). *Guia de redacció dels programes d'orientació per als equipaments comercials*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria, Comerç i Turisme.
- [10] Gillis, D., Lauwers, D., Botteldooren, D., Dekoninck, L. (2010). *The assessment of traffic livability, including local effects at home, during trips and at the destination, based on the individual activity pattern and trip behaviour*. Presentado en *Liveable, prosper, healthy CITIES for everyone*.