

PAISAJE SONORO URBANO “SOUNDWALK” COMO MÉTODO DE ANÁLISIS INTEGRAL

URBAN SOUND LANDSCAPE “SOUNDWALK” AS A METHOD OF INTEGRAL ANALYSIS

Arturo Raúl Maristany ¹

RESUMEN

Este trabajo se orienta al estudio de las variables que influyen en la percepción acústica de los espacios exteriores, los tipos de sonidos, y el nivel de aceptación que los mismos producen, mediante el uso de descriptores acústicos y psicoacústicos.

Los resultados alcanzados permiten verificar que el nivel sonoro objetivo por sí mismo no es indicador suficiente de la calidad acústica de un espacio urbano, se identifican una serie de variables que influyen en la caracterización acústica de un ámbito urbano: la actividad desarrollada y su relación con los niveles de percepción de sonidos naturales, humanos y tecnológicos.

El estudio de la calidad acústica en el área central de la ciudad de Córdoba permitió analizar las diferentes reacciones y grado de aceptación de los usuarios de espacios urbanos abiertos en los que las condiciones acústicas objetivas son similares.

El enfoque implica un desarrollo metodológico integral que tenga en cuenta la interacción entre personas, sonido y contexto. Se propone un enfoque metodológico para el análisis del paisaje sonoro, basado en una mecánica práctica para la evaluación objetiva, la integración y la interrelación de cuatro descriptores acústicos seleccionados: nivel sonoro, sonoridad, nitidez y contenido de baja frecuencia, relevados mediante la técnica del soundwalk.

PALABRAS CLAVE

Paisaje sonoro; espacios urbanos; percepción sonora

ABSTRACT

This research aims to deepen the study of variables that affect the acoustic perception of urban open spaces, the types of sound sources and the level of acceptance they produce on users, by means of acoustic and psychoacoustic descriptors. The obtained results allow verifying that the objective sounds levels on their own are not adequate indicators of the acoustic quality of an urban space. There are a number of variables that influence the urban acoustic features such as: the main developed activity and its relationship with the levels of perception of natural, human and technological sounds.

The study of the acoustic quality of urban public spaces in the central area of Córdoba, when the objective acoustic conditions are similar, allows the analysis of the different reactions and degrees of users' acceptance in outdoor spaces.

The perspective also involves a comprehensive methodological development which takes into account the interaction among people, sound and context. A methodological approach is proposed for the analysis of the soundscape, based on a mechanical practice for objective evaluation, integrating and interrelating four acoustic descriptors selected: sound level, loudness, sharpness, the low frequency content, collected by applying the soundwalk as a research tool.

KEYWORDS

Soundscape; urban open space; sound perception

¹ Arquitecto (FAUD / UNC, 1989). Doctor en Ingeniería Acústica. Universidad Politécnica de Madrid – UPM (2013). Magíster en Energías Renovables, Aplicaciones en la Construcción, UNIA (2000). Profesor Titular DE por Concurso de la Cátedra de Instalaciones IIB, FAUD-UNC. Director del Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL-FAUD-UNC). Director de la Carrera de Posgrado Especialización en Tecnología Arquitectónica Escuela de Graduados, FAUD-UNC. Profesor de posgrado en la Especialización en Tecnología Arquitectónica, en la Especialización en Planificación y Diseño del Paisaje y en el Doctorado en Arquitectura en la Escuela de Graduados, FAUD-UNC. Director de proyectos de investigación con subsidio SeCyT desde 2004. Presentación y publicación con referato de trabajos en revistas, congresos y encuentros nacionales e internacionales.

Introducción

La problemática acústica urbana

Los estudios e investigaciones en relación al problema del ruido en las ciudades y sus efectos en la población, han seguido en general dos grandes líneas prioritarias: la evaluación cuantitativa de los indicadores acústicos y el análisis subjetivo de la respuesta que tiene los habitantes (Arana, 2009; Sommerhoff, 2004; Suarez Silva, 2002; Recuero, 1998). El análisis cuantitativo ha tenido un gran desarrollo, desde el relevamiento a partir de mediciones en los sitios en estudio hasta las actuales técnicas de simulación que permiten predecir el comportamiento acústico objetivo de la ciudad frente a cambios urbanísticos o de tráfico (Suarez, 2000). La evaluación subjetiva tiene como objetivo la búsqueda de una relación entre los indicadores de ruido y los efectos de daño o molestia que el ruido tiene en los habitantes. Esta relación en general es identificada como dosis-efecto o, de acuerdo a la OMS, “exposición-respuesta”. El análisis subjetivo se realiza principalmente a nivel de la molestia, basado en la importancia que la misma tiene en relación a la cantidad de personas afectadas. Los estudios subjetivos, basados en definir los niveles de molestia, han permitido un importante avance en la evaluación del impacto que el ruido urbano tiene sobre las personas, sin embargo aún falta profundizar en la relación entre los indicadores acústicos objetivos y las variables personales subjetivas (Germán González, Santillán, 2006).

Para la Organización Mundial de la Salud (Berglund, 1995) el manejo del ruido en las ciudades en desarrollo debiera contemplar entre otros el siguiente paso: Evaluar la efectividad de las políticas de ruido en cuanto a reducir la exposición y los efectos adversos a la salud, y a mejorar los paisajes sonoros que brinden apoyo. En la misma línea se observa que, junto con los parámetros físicos objetivos analizados normalmente en los estudios cuantitativos (intensidad y análisis en frecuencia), es necesario contemplar otros factores subjetivos en relación a las maneras que se percibe el sonido, no solo respecto a la respuesta subjetiva de los habitantes en sus viviendas o espacios institucionales, sino también en el confort acústico de los ámbitos exteriores que conforman el paisaje urbano. Es así que en los últimos tiempos existe la tendencia a poner atención no solo en los aspectos negativos del ruido, principalmente la molestia, sino también en la calidad acústica del espacio. Este enfoque implica el concepto de diseño del ambiente sonoro como etapa superadora del control o reducción del ruido a límites aceptables. El enfoque implica un desarrollo metodológico integral que tenga en cuenta la interacción entre personas, el sonido y contexto (Raimbault, 2005; Zhang, 2007; Szeremeta, 2009). El Comité Internacional de Efectos Biológicos del Ruido (ICBEN) considera que un ambiente sonoro debería promover la salud, la interacción social y proporcionar bienestar físico, mental y social (Gjestland, 2002). Los estudios con esta orientación comienzan a reflejar que *“cada situación urbana se define por su propio paisaje sonoro, cada uno refleja una cultura urbana que evoca experiencias de vida y una conexión sensible con el ambiente”* (Quintero, Recuero, 2007, p.5). Esta cultura urbana es particular y propia de cada sociedad.

Soundscape o paisaje sonoro

El criterio de paisaje sonoro (del inglés soundscape) traslada la problemática del estudio del ambiente acústico desde los espacios o áreas habitacionales, enfocado desde la molestia que produce el ruido, a los espacios urbanos abiertos de uso colectivo, estudiado a partir de la capacidad de los sonidos dar identidad y calidad a un espacio. El concepto de paisaje sonoro o soundscape fue propuesto por Raymond Murray Schafer en 1969 bajo el principio de que el sonido debería ser considerado como un medio de comunicación entre el hombre y el ambiente urbano (Schafer, 1969). El concepto acuñado por Schafer es expresado como el *“entorno sonoro concreto de un lugar real determinado, y que es intrínsecamente local y específico a cada lugar”* (Schafer, 1994, citado por Rodrigues, 2013, p.28), (Fig. 1). La terminología de Schafer ayuda a expresar la idea de que el sonido de una localidad

particular puede manifestar la identidad de una comunidad de tal manera que los asentamientos pueden ser diferenciados por su paisaje sonoro.

Los ambientes urbanos se caracterizan por la multiplicidad de fuentes sonoras, con diferentes características acústicas, temporales o semánticas. La calidad sonora de una escena urbana se caracteriza por un equilibrado balance entre las fuentes. En los ambientes acústicos de alta fidelidad, los sonidos positivos se destacan sobre un sonido de fondo con menor entidad y calidad que queda en segundo plano. Cuando ese sonido de menor calidad deja la condición de fondo para pasar a primer término el ambiente acústico se define como de baja fidelidad o baja calidad ambiental.

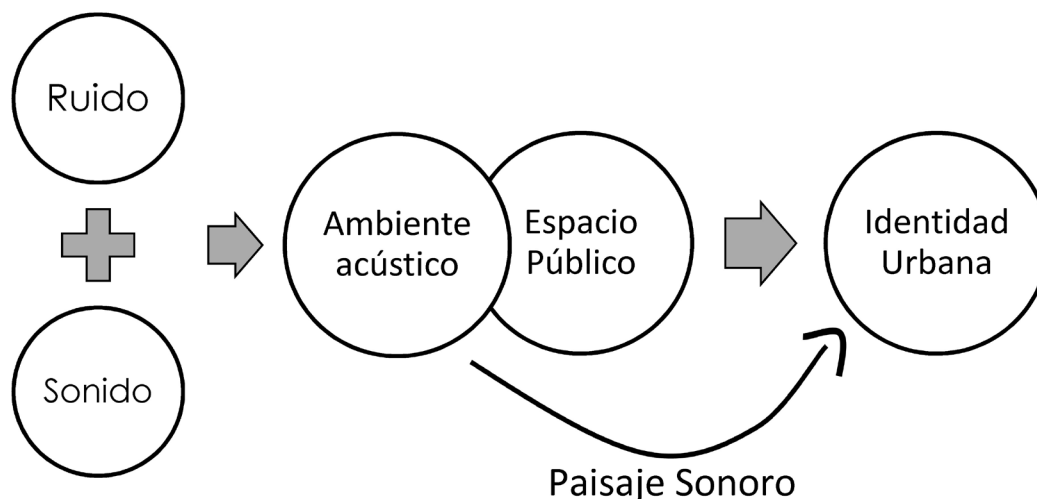


Fig. 1. Conceptualización del paisaje sonoro

Por lo anterior es necesario que las fuentes sonoras, presentes en un ambiente urbano, sean reconocidas y organizadas, tanto por sus características físicas acústicas objetivas, como por su contenido semántico. Para Kang (2010) es importante buscar los significados que las fuentes sonoras tienen para los habitantes de un lugar específico. Estos significados se evidencian de manera directa en las reacciones de los habitantes frente a los estímulos sonoros, con asignación de atributos tales como apropiado, irritante, agradable, entre muchos otros. Diversos autores han trabajado sobre la relación entre fuente sonora y reacción subjetiva (Schulte-Fortkamp, 2007; Guastavino, 2006), determinando el impacto que tienen estos atributos subjetivos en la evaluación del paisaje sonoro y demostrando que el nivel de molestia causado no puede ser el único indicador de evaluación. Este tipo de estudio obliga al análisis cualitativo del ambiente sonoro, por lo general a partir de encuestas realizadas de manera simultánea a las mediciones de ruido (Zannin, 2003; Llimpe, 2006).

El análisis y evaluación del paisaje sonoro de un espacio público abierto es complejo y puede ser realizada clasificando los diferentes factores a partir de cuatro componentes básicos: los sonidos, el espacio, la gente y la interacción entre los parámetros acústicos y otros elementos físicos del ambiente (Yang, Kang, 2005). A su vez, los sonidos que componen el paisaje sonoro de un ambiente pueden ser clasificados según su origen en sonidos naturales, tecnológicos y humanos. El estudio de los sonidos de un espacio sonoro basado en esta clasificación permite identificar el origen de aquellos sonidos que son considerados positivos y caracterizadores del paisaje.

En la figura 2 se muestra una serie de sonidos típicos de los espacios abiertos basada en los relevamientos y encuestas realizadas en el área central de la Ciudad de Córdoba (Maristany et al. 2016). Del estudio citado, surge que los sonidos de origen natural son mejor recibidos que los de origen tecnológico o culturales generados por el hombre. Los niveles de aceptación son variables evidenciándose una tendencia de mayor aceptación a los sonidos naturales y humanos por encima de los tecnológicos. El nivel de aceptación o molestia depende en todos los casos del tipo de actividad, los espacios destinados a las ferias o actividades recreativas poseen un nivel de aceptación superior a los sonidos de origen

humano como las conversaciones o la música. Los espacios destinados al paseo o descanso son calificados positivamente cuando el nivel de presencia de los sonidos naturales aumenta y por lo tanto los sonidos de origen humano son calificados como molestos cuando su nivel de presencia tiende a enmascarar los naturales. Es esperable que los sonidos naturales sean los de mayor aceptación y los de origen tecnológico los menos reconocidos como identificadores de un paisaje. En general la calidad de los ambientes sonoros denominados “hi-fi” está determinada principalmente por la claridad con que los sonidos positivos, que caracterizan y dan identidad al ambiente, son escuchados y se destacan como imagen por sobre un fondo sin llegar a ser enmascarados.

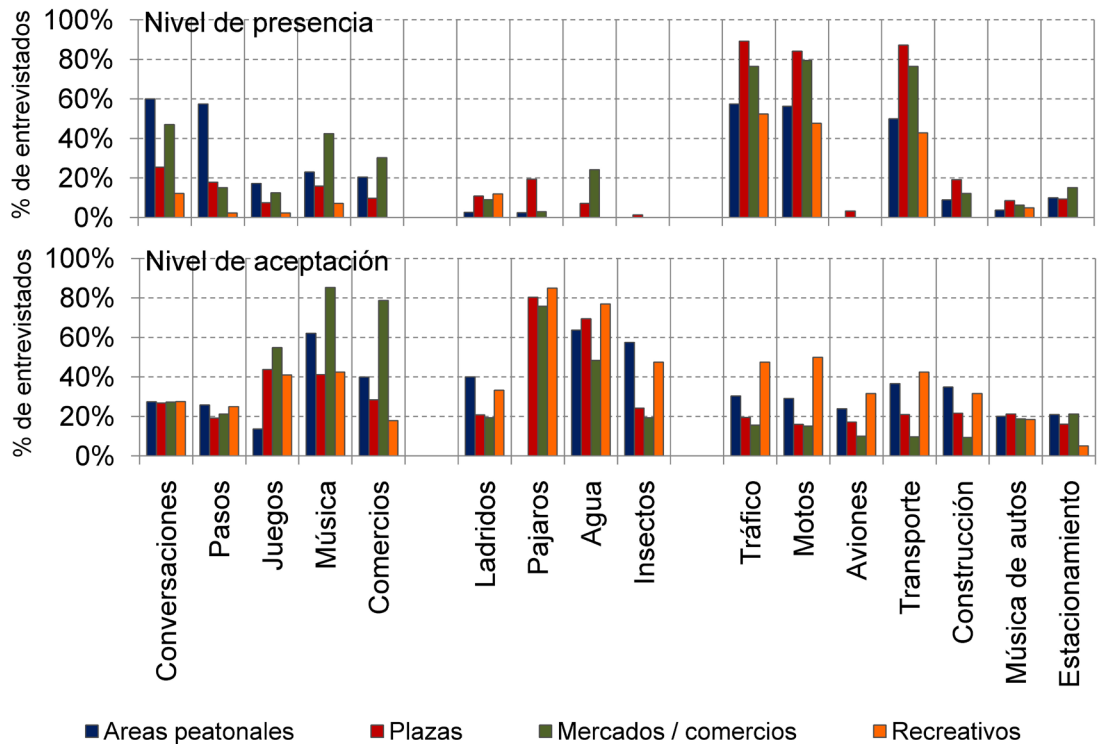


Fig. 2. Niveles de presencia y aceptación de sonidos humanos, naturales y tecnológicos en espacios urbanos del área central de la Ciudad de Córdoba

Técnicas e indicadores de análisis del paisaje sonoro

La evaluación del paisaje sonoro es un proceso multidisciplinar complejo, donde la acústica se relaciona con otras disciplinas como la sociología, la psicología y las estadísticas. (Yu, Kang, 2008). El nivel sonoro es un factor importante para la evaluación subjetiva de un entorno acústico aunque se ha demostrado en muchos estudios que los descriptores referidos a las molestias por ruido y los indicadores acústicos físicos no se correlacionan totalmente. Para M. Raimbault (2005) la calidad del sonido no se puede determinar solamente por una medida simple, tal como el nivel de presión sonora (LAeq). La opinión humana respecto al ruido, en contraste con un instrumento físico tal como un medidor del nivel sonoro, no es absoluta y se basa principalmente en el significado de los sonidos en el marco de la relación entre las fuentes que emiten el ruido y las personas que se exponen a él. El nivel de presión sonora (LAeq) deja información estandarizada. Sin embargo, aún desde un punto de vista físico, la noción de la intensidad global para estímulos acústicos complejos como paisajes sonoros urbanos son problemáticos. Los parámetros estadísticos tal como magnitud y el nivel de fondo dan mayor información sobre los paisajes sonoros urbanos. (Raimbault, 2003). Un ruido de

fondo bajo puede hacer que la gente se sienta más tranquila, aun cuando el ruido en primer plano alcance eventualmente altos niveles. A partir de determinados niveles, según Yang aproximadamente 73 dBA, existe una buena correlación entre la evaluación subjetiva y el L_{Aeq} , siendo esta correlación pobre para niveles inferiores (Yang, 2005).

Diversos trabajos van siguiendo en los últimos años una línea de investigación, orientada a articular las mediciones objetivas de ruido urbano con criterios de confort acústico de los espacios urbanos exteriores analizados. En su mayoría se basan en un estudio comparado entre parámetros acústicos objetivos medidos y encuestas simultáneas de la reacción de los usuarios de los espacios exteriores analizados (Raimbault, 2003; Yang, 2005; De Coensel, 2006; Rychtarikova et al, 2008).

La calidad del ambiente acústico de un espacio urbano depende de los niveles de presencia y/o molestia de determinados sonidos naturales, humanos y tecnológicos y del nivel sonoro, L_{Aeq} , del ambiente en general. Pero también es evidente que este parámetro no es suficientes por si solo, y que es necesario incorporar variables que tengan relación con los mecanismos de percepción de los usuarios. En este sentido se propone el análisis de los escenarios acústicos mediante indicadores psicoacústicos, destinados al estudio de la calidad, con el objetivo de verificar la interrelación con los indicadores objetivos y subjetivos relevados. Los descriptores psicoacústicos como la sonoridad (loudness), la aspereza (roughness), la nitidez (sharpness) y la fuerza de fluctuación (fluctuationstrength), permiten disponer de indicadores objetivos con capacidad de ser aplicados para evaluar las propiedades de los sonidos y relacionarlo con la calidad subjetiva que poseen. Estos descriptores derivan de los análisis estadísticos de test subjetivos de calidad. Por el momento solo la sonoridad (loudness) ha sido estandarizada (ISO 532 B) el resto aún se encuentran en proceso de estudio de su capacidad predictiva y fiabilidad. Sea por medio de descriptores, o de manera empírica a partir de los test subjetivos, la psicoacústica estudia el sonido desde el punto de vista de su percepción subjetiva buscando las relaciones existentes entre el estímulo físico y la respuesta psicológica que provoca en las personas. Los descriptores psicoacústicos se han desarrollado inicialmente para definir la calidad acústica como uno de los parámetros de importancia en la calidad de un producto, tratando de satisfacer al mayor grupo de consumidores (Keiper, 1997; Orfield, 1992; Schulte-Fortkamp, 2007b). Diversos autores han comenzado en los últimos tiempos a aplicar los criterios de análisis psicoacústicos, originalmente destinados a la calidad de productos, a la evaluación de situaciones de carácter ambiental como los paisajes sonoros. La sonoridad y la nitidez dan información importante del carácter de una escena sonora con información sobre los componentes del sonido: nivel y frecuencia (Semidor, 2005). La sonoridad aumenta con el nivel de ruido ambiente, mientras que la nitidez lo hace en función de las componentes de media o alta frecuencia y de los sonidos provenientes de actividades sociales humanas. En evaluaciones realizadas con escenas sonoras grabadas en los espacios reales y reproducidas en laboratorio se observa una relación entre estos descriptores objetivos y la opinión subjetiva de los oyentes sometidos a las pruebas (Chartier, 2005).

Klaus Genuit (2006) considera que el paisaje sonoro es la superposición compleja de sonidos naturales, humanos y tecnológicos, y su forma de percepción. El ruido que produce cada fuente de manera individual se puede medir y evaluar a partir de parámetros objetivos. Sin embargo, el efecto producido por cada una de las diferentes fuentes de sonido individuales que se superponen en un ambiente sonoro no puede ser transferido a la molestia global del entorno sonoro completo. Se deberán evaluar también los efectos producidos por el enmascaramiento, el refuerzo sonoro, entre otros. También “deben ser adecuadamente considerados los aspectos físicos, los aspectos psicoacústicos, teniendo en cuenta el procesamiento humano de las señales y cognoscitivo, los aspectos psicológicos, observando variables tales como contenido de información, aceptación de las fuentes sonoras, actitud del oyente” (Genuit, 2006, p.6). La aplicación de descriptores psicoacústicos permitirá avanzar en las evaluaciones del paisaje sonoro mejorando la evaluación perceptual relacionando la calidad del sonido ambiental con el nivel de molestia esperada.

“Soundwalk” como herramienta de análisis de un paisaje sonoro

El método del recorrido sonoro, o soundwalk, es una técnica apropiada y cada vez más utilizada en el campo de la exploración subjetiva de los componentes del paisaje sonoro. La práctica fue ideada en la década del 60 por Schafer, en la Universidad Simon Fraser en Canadá, como un método empírico destinado a identificar los componentes y características de un paisaje sonoro en diferentes localizaciones.

Hidalgard Westerkamp (1974), profundiza las posibilidades de la práctica del recorrido sonoro y desarrolla bases metodológicas para su aplicación como herramienta de análisis. Define el recorrido sonoro como una caminata o excursión destinada principalmente a escuchar el ambiente. Destaca la importancia de la técnica para un producir un mayor acercamiento entre el hombre y el ambiente en ciudades donde el contacto con la naturaleza tiende a ser reducido.

Varios equipos de investigación posteriores han rescatado la técnica del recorrido sonoro como herramienta para el relevamiento de datos (Venot, Semidor, 2006; Lee, Jeon, 2008; Adams et al., 2008; Nilsson et al., 2012; Stasko-Manzur, 2015). Éstos desarrollan y amplían la técnica original de Schafer o Westerkamp, pasando del primer concepto de recorrido perceptual a un método integral que permite el relevamiento sistemático y organizado de datos objetivos y subjetivos destinados a caracterizar un paisaje sonoro. La técnica del recorrido sonoro es, en su esencia, coherente con la estructura dinámica y en permanente cambio de una escena sonora urbana. Es así que la técnica fue y es utilizada para el diagnóstico individual, donde el investigador se involucra directamente en el relevamiento perceptual, o en grupos, con el objetivo de obtener datos estadísticos; también con posible uso de grabaciones y/o mediciones. De tal manera que el recorrido sonoro es una herramienta para el diagnóstico sonoro que permite múltiples diseños metodológicos, en su dinámica e indicadores analizados, adaptados a lo que el investigador pretende relevar del paisaje sonoro.

Recorrido sonoro – caso de estudio en Córdoba

Como primer paso, para el diseño de un recorrido sonoro, es necesario definir con anterioridad: uno o varios transcurso con puntos singulares posibles en donde las características de la escena sonora puedan diferenciarse, y también los indicadores o parámetros que serían relevados, junto con la técnica o instrumental a utilizar. Las figuras 3 y 4 muestran dos trayectos sonoros, realizados en el marco de un estudio de paisajes sonoros en el área central de la Ciudad de Córdoba. El primero (figura 3), articula sectores peatonales, plazoletas, avenidas y diferentes puntos de la plaza San Martín, con un total de ocho escenas sonoras. El segundo (figura 4), se corresponde con el conjunto Paseo Sobremonte y plazas Italia e Intendencia, con un total de once escenas diferentes desde el punto de vista acústico perceptual, pero similares en su condición de ruido urbano objetivo. Para la instrumentación de los recorridos sonoros se propuso, en cada punto o escenario preestablecido, la implementación de las siguientes técnicas de recopilación de datos objetivos y subjetivos: aplicación de cuestionario, grabación de los eventos sonoros y medición de los niveles sonoros.

La técnica, aplicada en el trabajo de campo realizado en el área Central de la Ciudad de Córdoba (Argentina), ha permitido detectar y reconocer la existencia de espacios exteriores o escenas urbanas donde, a pesar de poseer idénticas condiciones acústicas objetivas, la respuesta desde el punto de vista del confort acústico es diferente. Los espacios urbanos abiertos adoptados para el estudio poseen sensibles diferenciaciones en aspectos tales como fuentes sonoras, características espaciales y de configuración, tipos de usuarios y condiciones ambientales generales. Los casos de estudio seleccionados han permitido el relevamiento de datos objetivos y de la respuesta subjetiva del usuario, lo cual ha sido fundamental para la búsqueda de indicadores adecuados para determinar el potencial semántico de los sonidos estudiados y su interrelación con los componentes del paisaje urbano.

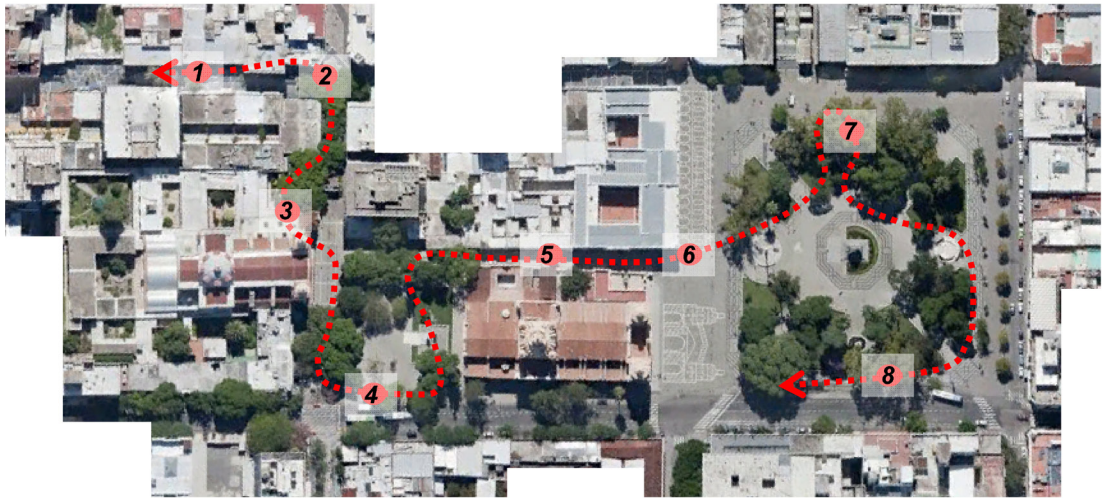


Fig. 3. Recorrido sonoro (soundwalk) – Córdoba – Peatonal – Plaza San Martín

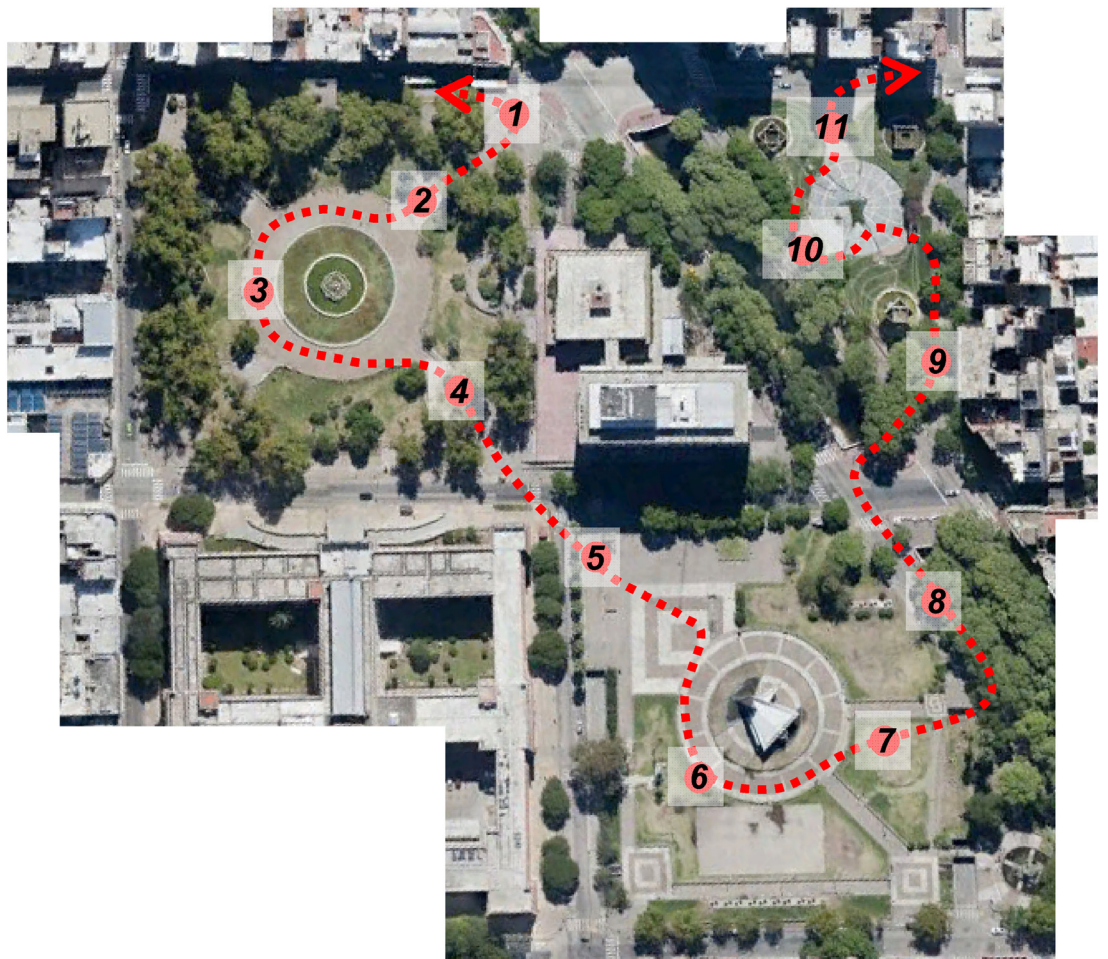


Fig. 4. Recorrido sonoro (soundwalk) – Córdoba – Paseo Sobremonte – Plazas Intendencia - Italia

Los recorridos se realizaron con un grupo de referencia previamente capacitado, las encuestas realizadas en cada punto son aplicadas al grupo de referencia como también a potenciales usuarios del sector. La aplicación del un cuestionario en cada punto singular o espacio permite definir el nivel de confort de los usuarios de los espacios exteriores analizados. El cuestionario, basados en preguntas abiertas y cerradas están dirigidos a aspectos generales sociológicos y particulares en relación al espacio físico a evaluar y la caracterización del paisaje sonoro del mismo. El cuestionario aplicado en el marco de este trabajo ha tomado como referencia general el desarrollado en el proyecto europeo Silence (Semidor et al., 2007). Contiene una estructura con preguntas iniciales destinadas a caracterizar el perfil sociológico del usuario, luego la evaluación general del paisaje del espacio urbano analizado y finalmente la caracterización de las fuentes sonoras y el grado de molestia (Maristany, Recuero, 2010). Siguiendo los criterios fijados por trabajos similares se adoptaron para la caracterización la aplicación de escalas semánticas de cinco categorías como máximo (Raimbault et al., 2003; Nilsson et al. 2007).

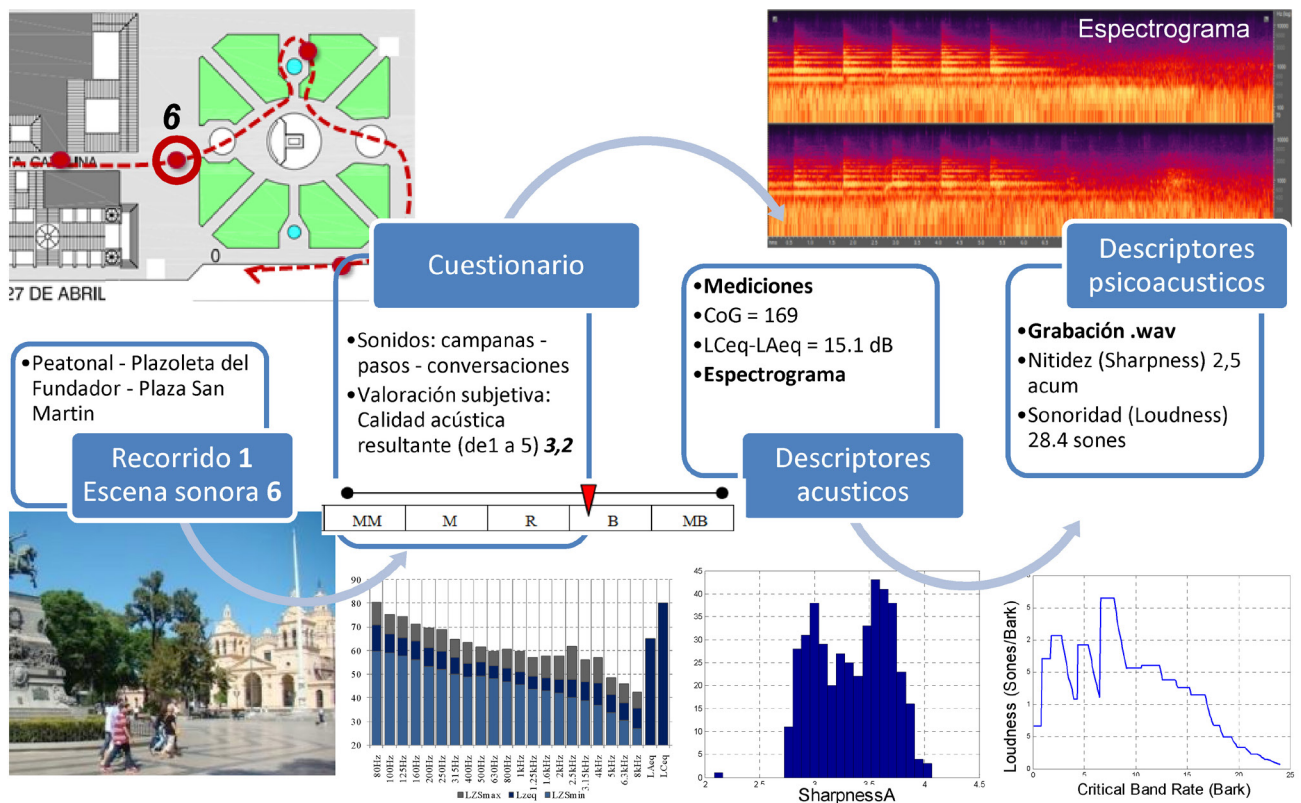


Fig. 5. Síntesis de datos de una escena sonora – Interior Plaza San Martín

A los efectos de la evaluación objetiva de las escenas acústicas en estudio se realizaron mediciones estadísticas. Los parámetros medidos fueron el nivel sonoro continuo equivalente (L_{Aeq}) en bandas de tercio de octava desde 12,5 Hz a 20 KHz. En general se han respetado los lineamientos dados por la norma ISO 1996 para la descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. En forma simultánea a las mediciones de parámetros físicos y encuestas subjetivas se realizó una grabación de cada escena sonora en estudio destinada a su posterior análisis. Las grabaciones fueron realizadas con un grabador digital con dos micrófonos de condensador dispuestos en posición estéreo X/Y y grabación de audio hasta 24bit/96kHz en tarjetas SD/SDH. El formato de grabación utilizado es .wav con una frecuencia de muestreo de 44.1 Khz. A partir de los archivos de audio se calculan los parámetros psicofísicos (sonoridad y nitidez) y se grafican los espectrogramas. La figura 5 sintetiza, para una escena sonora, los aspectos relevantes e indicadores resultantes de uno de los puntos del recorrido analizado.

Relaciones entre descriptores acústicos y psicoacústicos

La descripción de la calidad sonora subjetiva de un espacio urbano mediante indicadores objetivos, que permitan en última instancia prever variables paisajísticas que influyan positivamente, requiere el manejo simultáneo de descriptores físicos acústicos (como el nivel de presión sonora, la composición espectral, y la variación temporal) y descriptores psicoacústicos (como la nitidez y la sonoridad). De tal manera que se propone el uso combinado de cinco descriptores o parámetros, indicados en la figura 6.

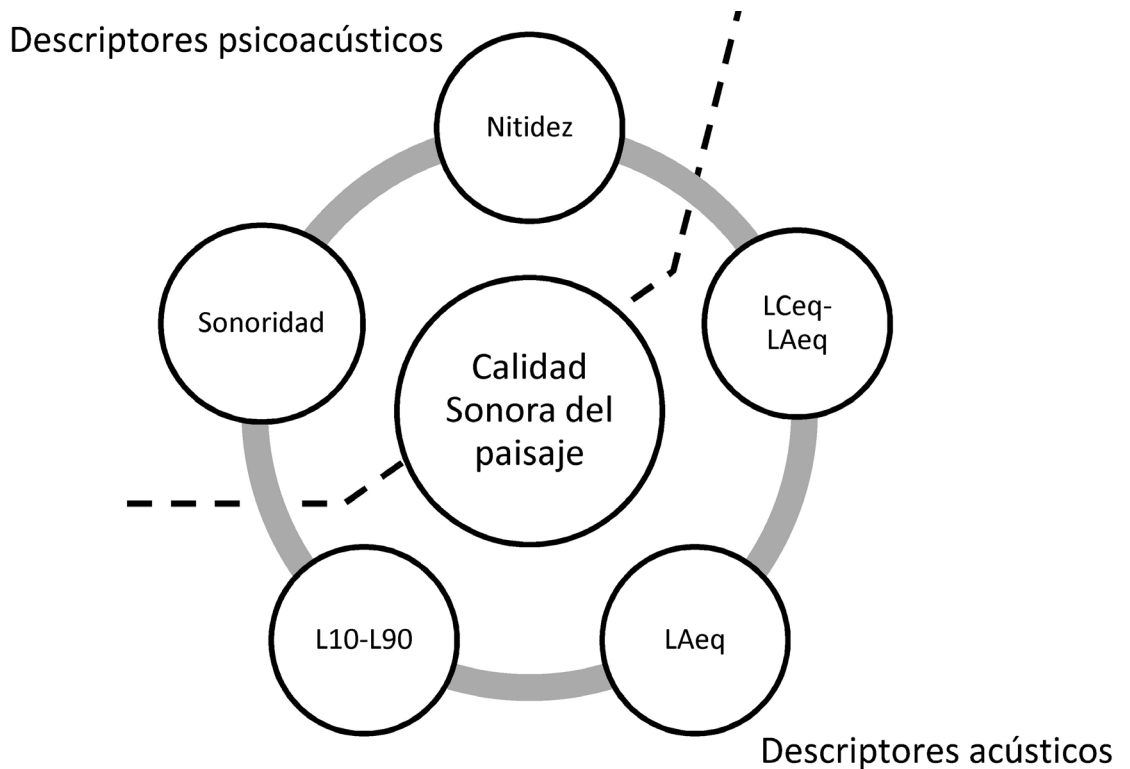


Fig. 6. Descriptores para la calidad sonora del paisaje

La calificación sonora de cada descriptor por separado no puede ser extendida al ambiente sonoro, dado que en realidad interactúan para dar el carácter sonoro definitivo al espacio urbano. En definitiva cada indicador o descriptor influye de manera diferente según sea la relación con los otros parámetros a considerar. Cuando el nivel de intensidad sonora (LA_{eq}) se encuentra por debajo de los 60 a 70 dBA comienza a tomar importancia el concepto de nivel de aceptación en combinación con el de molestia. Los 60-70 dBA tomados como límite de referencia se corresponden al nivel sonoro en el espacio urbano y siempre que el sonido característico del ambiente, que en ningún caso es el ruido de tránsito, no se encuentre enmascarado. Esta situación por lo general se corresponde con una buena relación figura fondo ($L_{10}-L_{90}$). En algunos espacios, niveles de ruido de tránsito por debajo de estos valores siguen siendo calificados como negativos, debido a la falta de sonidos propios característicos. En cambio niveles altos son considerados positivamente en situaciones donde el nivel de referencia es superado por fuentes particulares como: música: propia del espacio y relacionada con la actividad, conversaciones, ruido de feria o sonido del agua. En estos casos el sonido positivo es enmascarante del sonido intruso. Para la evaluación de los ambientes sonoros, las dos magnitudes básicas psicoacústicas, sonoridad y nitidez, han demostrado ser eficaces para evaluar el volumen y la coloración tonal de los sonidos.

En general altos valores de nitidez se relacionan con una calidad acústica positiva. La nitidez (sharpness) es el parámetro psicofísico que relaciona de manera inmediata el ambiente acústico de los espacios exteriores con su calidad sonora subjetiva. Es un parámetro que depende del contenido de alta frecuencia del sonido analizado, permitiendo evaluar, entre otros aspectos, la coloración tonal. En general una disminución de la nitidez implica una pérdida en la calidad sonora del espacio. La presencia, permanente o transitoria, de sonidos con contenido importante de altas frecuencias modifica de manera inmediata el valor de la nitidez. Los componentes del paisaje que contribuyen a la mejora de la nitidez son, desde el punto de vista físico, las fuentes de agua, los arboles y aquellas instalaciones urbanas capaces de producir sonidos con un importante contenido de frecuencias medias y altas. Las voces y la música son otra alternativa desde el punto de vista de la componente social, la composición armónica de estos sonidos son fundamentales para el aumento de la nitidez.

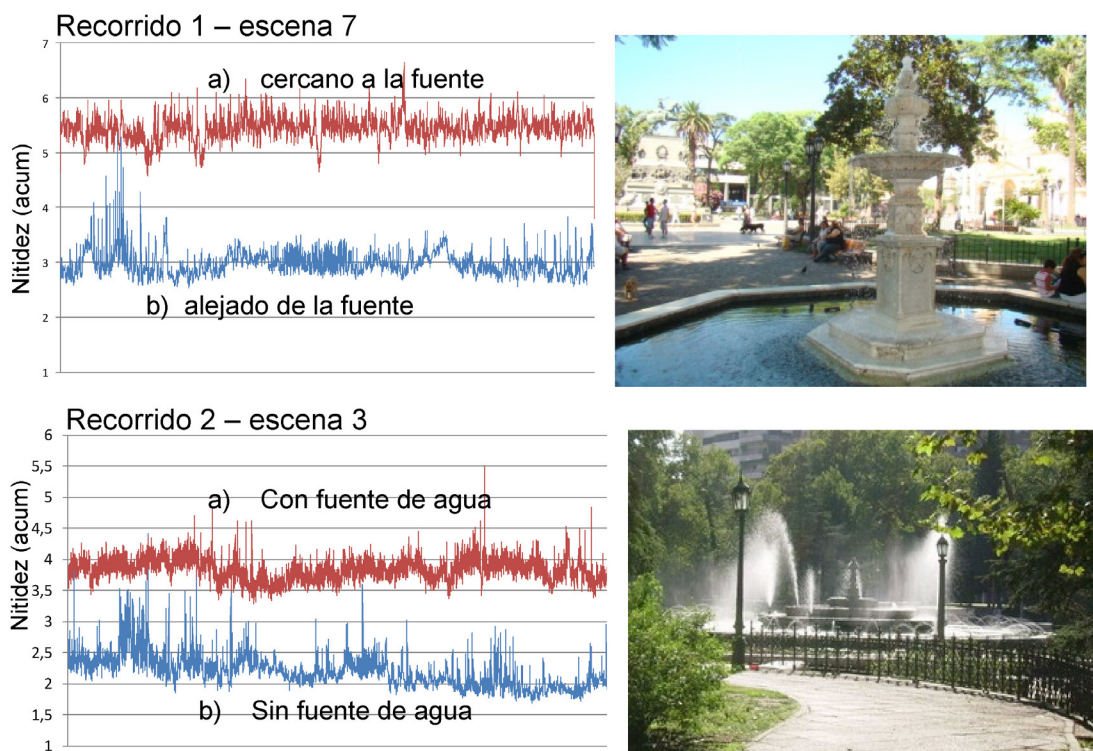


Fig. 7. Influencia del agua en movimiento en la nitidez y calidad del paisaje sonoro

Las fuentes de agua, surtidores o agua en movimiento es una de las fuentes sonoras que se destacan como de mayor aceptación por parte de los usuarios. Su composición espectral eleva de manera importante el valor de nitidez. En la figura 7 se muestran las variaciones de la nitidez para dos escenas sonoras (en Plaza San Martín - escena 7 y Paseo Sobremonte - escena 3). La nitidez de la escena 7 se compara con una zona alejada de la fuente. Se observa así que los pequeños sectores cercanos a las fuentes de agua presentan una calidad sonora muy diferente al resto de la plaza. En la calificación subjetiva se observa como la calidad en esos sectores aumenta considerablemente, de 2.4 (regular) a 4.7 (muy buena). La calificación subjetiva alcanzada en la escena 3 del paseo Sobremonte se modifica substancialmente estando o no la fuente de agua en funcionamiento. Ello demuestra que no es suficiente el control de ruido exterior para aumentar la calidad sonora, sino también, principalmente por las actividades que se realizan en este caso, incorporar una fuente de ruido propia característica. Como resultado, se observa que la calidad acústica del espacio pasa de “hi-fi” en (a) a “lo-fi” en (b), se destaca el aumento de la nitidez de un valor promedio de 2,2 acum a 3.6 acum.

La diferencia LCeq-LAeq es muy buen descriptor del contenido de bajas frecuencias de la escena sonora urbana. Una diferencia alta representa una alta presencia de sonidos de baja frecuencia que en la totalidad de los casos analizados se relaciona con la presencia de ruido de tránsito. Toda fuente sonora involucrada en un espacio urbano influye en la sonoridad final, sobre todo cuando los sonidos incorporados tienen componentes en frecuencia diferentes. Se suele considerar que valores altos de sonoridad implican una calificación acústica negativa del espacio urbano. Pero no siempre es así, es necesario evaluar la sonoridad a la par de otros parámetros como la nitidez. En la figura 8 se compara la sonoridad y la nitidez de una misma escena sonora. Se observa que en los intervalos 1 y 2 la sonoridad alcanza niveles similares, pero la nitidez es muy superior en 2 que 1. El intervalo 1 está dominado por el ruido de tránsito mientras que el 2 está dominado por el canto de los pájaros. El contenido energético espectral en ambas situaciones aumenta la sonoridad, pero la nitidez varía de manera diferente, dando una calificación de calidad sonora también diferente. La variación temporal de los niveles de intensidad permite la combinación de sonidos de diferente origen y su alternancia, lo cual otorga calidad sonora al espacio urbano. Esta posibilidad se verifica principalmente cuando los niveles de nitidez son medios o altos y el contenido de baja frecuencia (relación LCeq-LAeq) es bajo.

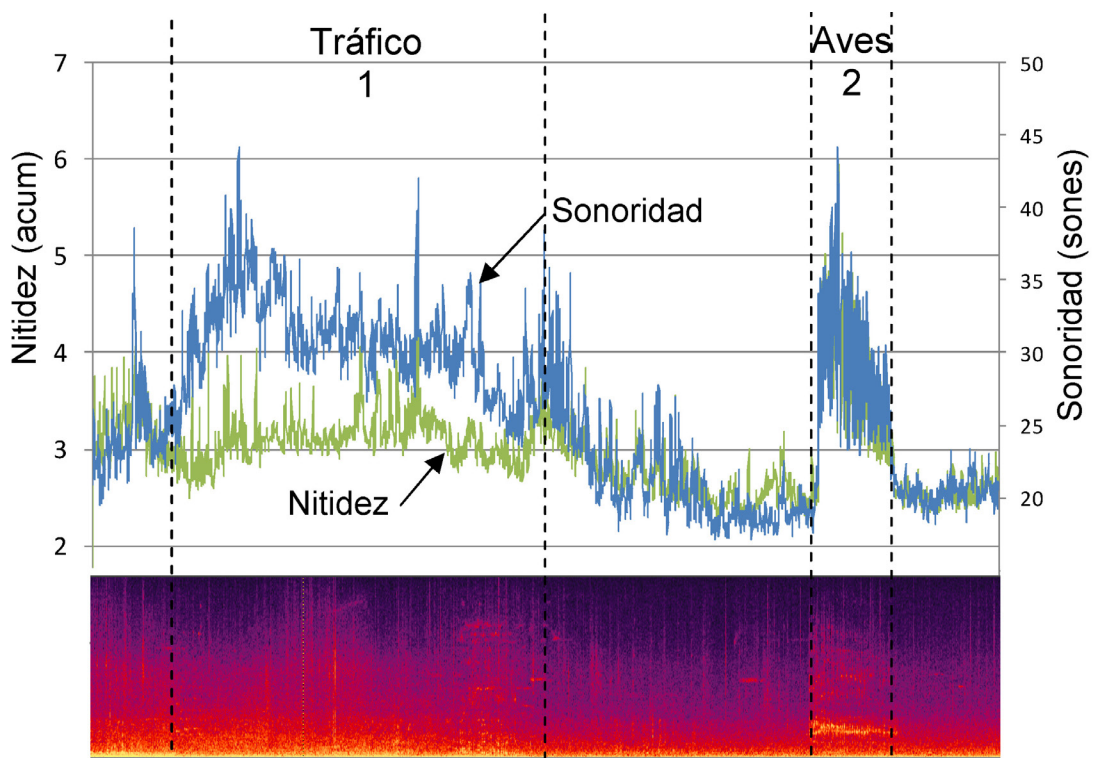


Fig. 8. Plaza San Martín - Cba. Ruido de tráfico y canto de aves. Sonoridad vs. Nitidez

Una relación alta de L10-L90 significa que los niveles de intensidad sonora, en el intervalo de tiempo analizado, tienen una variación significativa. La importancia de la relación L10-L90 en la calidad sonora de los espacios exteriores se puede comprender mejor a partir de la comparación de los parámetros o indicadores que definen objetivamente esa calidad. Una relación L10-L90 alta no es parámetro suficiente para asegurar la calidad sonora del espacio. Si la fluctuación del nivel en el intervalo está ocasionada exclusivamente por sonidos no deseados, por ejemplo fluctuación en el tránsito vehicular, la calidad será indistintamente baja. Si bien una diferencia alta implica una relación figura fondo más definida, aspecto que se relaciona con la calidad positiva del ambiente sonoro, no siempre los escenarios sonoros con buena clasificación poseen una diferencia L10-L90 alta. Los espacios serán calificados subjetivamente como buenos siempre que la diferencia signifique el destaque

como figura de los sonidos característicos del espacio por sobre el ruido de fondo y no sea el resultado de variaciones temporales del ruido intruso. Por lo tanto es necesario identificar cuáles son las fuentes sonoras involucradas en la definición de estos parámetros estadísticos. En algunos casos existe una diferencia importante de L10-L90 producida por la fluctuación temporal del ruido ambiente, si la fuente es de origen tecnológico el ambiente igualmente es considerado como negativo.

Conclusiones - Aportes para el diseño acústico de los espacios urbanos

Se destaca la compleja relación existente entre los componentes del paisaje urbano y la calidad del paisaje sonoro resultante. La relación entre los componentes del paisaje urbano y el sonoro no es directa. No se puede establecer un vínculo entre determinados factores físicos del espacio, como pueden ser su forma, proporciones, materiales o equipamiento con la respuesta subjetiva que da lugar a la calidad acústica del paisaje sonoro. Los factores físicos tienen una influencia acústica indiscutible, ampliamente estudiada por múltiples autores que en muchos casos han alimentado las bases de datos y algoritmos necesarios para la elaboración o simulación de mapas sonoros. Esta influencia física se refiere a las condiciones de propagación, reverberación y/o patrones de reflexión del sonido en un espacio urbano abierto, aspectos que dependen de las proporciones, altura o materiales constitutivos del espacio; paralelamente al control de potenciales sonidos externos que dependen de la capacidad de protección de las eventuales barreras artificiales o naturales.

Así como los componentes físicos influyen en la propagación, atenuación o intensificación de los sonidos, a los efectos de dar calidad acústica al paisaje sonoro es necesario incluir las componentes perceptuales y socio-culturales identificando el origen, formación y composición de estos sonidos (propios al espacio o externos), su relación semántica con el uso del espacio, su significado para los usuarios, si son de fondo o marcas sonoras características. Se demuestra que la calidad sonora de los espacios exteriores no dependen de reglas de configuración físicas preestablecidas sino que por el contrario depende de la interrelación de una serie de factores combinados: físicos y sociales que dan por resultado la calidad acústica final.

En el análisis realizado se ha determinado el alto nivel de aceptación de los sonidos de origen natural y eventualmente humanos por sobre los de origen tecnológico. Aspecto claramente identificable con el contenido de información de este tipo de sonidos. Se evidencia una interrelación muy clara entre algunos de los componentes del paisaje urbano y el origen de los sonidos involucrados. Los sonidos naturales dependen del equipamiento del espacio urbano: arboles – vegetación. Sonidos de hojas, insectos, aves, fuentes y canales de circulación de agua. La componente física natural es aquí la que juega el rol predominante. Los sonidos tecnológicos dependen de la conformación física del espacio (componente física arquitectónica) y su relación con la trama vehicular, de la superposición de actividades, patrones urbanos y sistemas de apantallamiento o control de la propagación del ruido. Por último, los sonidos humanos dependen de la componente socio-cultural, de la actividad a desarrollar y de las posibilidades que el espacio brinda.

Se identifican tres fases o etapas necesarias para abordar el diseño de los espacios urbanos desde el punto de vista de su paisaje sonoro, figura 9: (A) Control de ruido exterior al espacio urbano, (B) Preservar sonidos propios característicos y (C) Incorporar fuentes significantes.

El control del ruido exterior es el primer paso en la estrategia de diseño. El objetivo es reducir o mitigar el sonido proveniente de fuentes sonoras exteriores, principalmente de origen tecnológico. En general son los sonidos identificados como desagradables o no deseados en la totalidad de los espacios urbanos exteriores. Una vez superadas las necesarias acciones previas de control de ruido en la fuente, la estrategia se orienta al control en el medio de propagación por distancia o apantallamiento. La distancia implica la implementación de áreas de amortiguamiento cuyos usos sean compatibles con los sonidos de origen tecnológico del las áreas urbanas circundantes. La distancia es acompañada o

reemplazada por las técnicas de apantallamiento basadas principalmente en la topografía o en el uso de la masa edilicia como barrera. Este primer paso define el carácter y la composición del ruido de fondo (background). En esta fase la componente del paisaje urbano involucrada es exclusivamente física y los parámetros acústicos afectados son la sonoridad o directamente el LAeq.

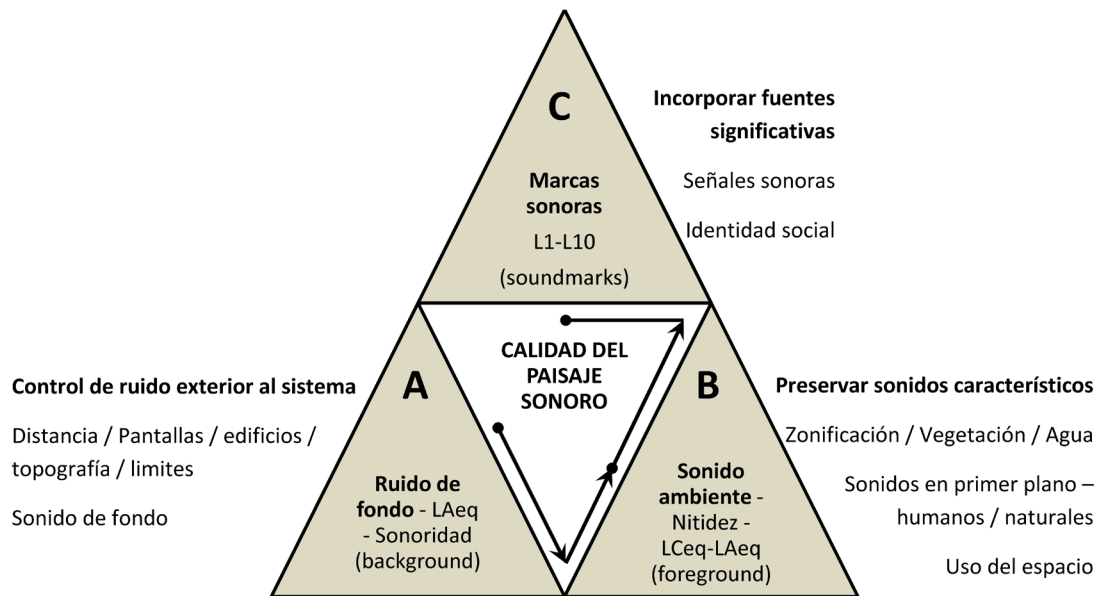


Fig. 9. Niveles de intervención en el paisaje sonoro

El segundo paso es preservar o desarrollar sonidos propios que dan carácter al espacio urbano. Son sonidos generados por fuentes propias que de acuerdo a la actividad o uso del espacio son considerados positivos, deseables o agradables. Estos sonidos que conforman el ambiente sonoro de primer plano (foreground) se relacionan de manera directa con la percepción y las condiciones subjetivas de los usuarios. La actividad tiene una importancia fundamental pues es el componente que define el ambiente sonoro más adecuado. Se corresponde con la expectativa de respuesta en función del destino. En general se relaciona con sonidos de origen natural o de origen humano relacionados con la actividad. La zonificación de los espacios urbanos según su uso y destino es una de las estrategias de diseño importante, junto con la definición de usos en relación a los sonidos propios. En esta fase el componente físico de diseño sigue presente en la zonificación, definición de límites e incorporación de equipamiento urbano como agua en movimiento y vegetación. Los parámetros acústicos involucrados en la calidad sonora son la nitidez (sharpness) y la relación de contenido de baja frecuencia (LCeq-LAeq)

Finalmente, la incorporación de fuentes sonoras significantes es el tercer paso. Son las marcas sonoras (soundmarks) las que terminan de dar identidad. En general son sonidos de cualquier origen, pero significativos para el grupo social y cultural de destino del espacio. En esta fase las componentes de diseño son casi exclusivamente perceptuales y socioculturales, dependen de la incorporación de sonidos de alto contenido semántico que se destaquen sobre el fondo. Se rescata en esta fase el concepto de figura-fondo, en donde el sonido destacado puede ser por diferencia de nivel o frecuencia. El parámetro acústico utilizado en el análisis para esta fase es la diferencia entre L10-L90.

En síntesis, se propone que la calidad acústica de un paisaje sonoro puede ser caracterizada a partir cuatro descriptores combinados: Sonoridad, nitidez, L10-L90 y LCeq-LAeq. Habiendo verificado que el nivel de presión sonora LAeq no supere los 65 a 70 dBA. La sonoridad (loudness) es un

descriptor que se correlaciona mejor con el concepto de desagrado. La tendencia general es de mayor calificación para los ambientes con valores de sonoridad menores. Las condiciones ideales se ubican en valores de sonoridad medios con una buena relación figura – fondo. En cuanto a la nitidez (sharpness) En general valores altos se correlacionan de manera más ajustada con la apreciación positiva del espacio. El centro de gravedad espectral CoG alto o la diferencia L_{Ceq}-L_{Aeq} baja implica mayor presencia de componentes medias y altas en el espectro y en estos casos la calidad sonora de los ambientes urbanos es positiva. L₁₀-L₉₀ representa la relación señal-ruido. Figura fondo. Diferencias altas se relacionan con mayor destaque de los sonidos positivos por encima del fondo y por lo tanto mayor calidad.

Un ambiente sonoro “hi-fi” implica una nitidez alta, una sonoridad media, bajo contenido de bajas frecuencias (L_{Ceq}-L_{Aeq}) y suficiente relación figura fondo (L₁₀-L₉₀). Figura 4.11. La distinción entre ambientes sonoros “hi-fi” y “lo-fi” fue propuesta por Schafer para diferenciar aquellos ambientes sonoros de alta fidelidad, donde los sonidos no se sobreponen, tienen perspectiva, primer plano y fondo, de aquellos de baja fidelidad donde los planos compositivos se empastan y es difícil discernir entre figura y fondo. Inicialmente Schafer consideraba que los ambientes “hi-fi” eran propios de los pasajes rurales, mientras que la ciudad, principalmente debido al ruido de tránsito, derivaba en ambientes “lo-fi”. Una espacialidad marcada es una de las particularidades principales de un paisaje sonoro definido como “hi-fi”. La espacialidad es la característica por la cual percibimos sonidos distantes que se componen con otros que están en un primer plano. Los sonidos en primer plano tienen un ritmo y variación temporal propio que hace que se complementen unos a otros y sean distinguibles por sobre los demás. Gran parte de los sonidos son de baja intensidad. Este tipo de alternancia en muchos casos no es solo temporal, sino también frecuencial. En el paisaje sonoro o ambiente “lo-fi” el sonido se percibe como un continuo de alta intensidad que enmascara sonidos distantes o propios característicos.

Se ha observado que los parámetros acústicos físicos no pueden por si solos definir el carácter del paisaje sonoro. Dentro del rango de niveles sonoros aceptables, donde no se produce molestia, el agrado o desagrado de un determinado escenario acústico depende de otros factores relacionados principalmente con la respuesta subjetiva de los usuarios condicionados por patrones culturales o sociales. Evidentemente los sonidos y su capacidad evocativa y caracterizadora del ambiente no pueden ser dejados de lado en la construcción y recuperación de los lugares antropológicos. Esta cultura urbana es particular y propia de cada sociedad. Los espacios públicos, con su paisaje sonoro, forman parte de la construcción de la identidad urbana de una ciudad.

Referencias bibliográficas

- Adams M., Bruce N., Davies W., Cain R., Jennings P., Carlyle A., Cusack P., Hume K., Plack C. (2008). Soundwalking as methodology for understanding soundscapes. Proceedings of the Institute of Acoustics University of Salford, Salford, UK. Vol. 30. Pt.2.
- Arana M., San Martín R., Nagore I., Pérez D., (2009). Using Noise Mapping to Evaluate the Percentage of People Affected by Noise. Acta Acustica United with Acustica, Vol. 95, pp 550-554. Berglund, 1995)
- Carles, Jose Luis; Lopez Barrios, Isabel; de Lucio, Jose Vicente. (1999). “Sound influence on landscape values”. Landscape and Urban Planning 43 (1999) 191-200
- Carles, J., López Barrio, I., (2007). Importance of Personal, Attitudinal and Contextual Variables in the Assessment of Pleasantness of The Urban Sound Environment. 19th International Congress on Acoustics (ICA). Madrid, Spain.
- Chartier, F, Semidor C. (2005). Evaluation of Sound environment characteristics: comparative study between objective and subjective criteria, Proc. ASA/ CAA, Vancouver, Canada, 2005.
- De Coensel, Bert; Botteldooren, Dick. (2006). The Quiet Rural Soundscape and How to Characterize it, ActaAcustica United with Acustica, Vol. 92, pp. 887 – 897.

- Klaus Genuit, Klaus, Fiebig, André. (2006). Psychoacoustics and its Benefit for the Soundscape Approach. *Acta Acustica United with Acustica* Vol. 92.
- Germán González, M., Santillán, A. (2006). Del Concepto de Ruido Urbano al de Paisaje Sonoro. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, vol 1 N°10. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gjestland, T. (2002). "Current Research Topics and Problems: The Role of ICBEN". *Journal of Sound and Vibration*, vol 250, N°1.
- Guastavino, C., (2006). The ideal urban soundscape: Investigating the sound quality of French cities. *Acta Acustica united with Acustica*, vol 92, pp 945-951.
- Guillén, José Domingo; López Barrio, Isabel (2007): "The soundscape experience". 19th International Congress on Acoustics. Madrid, sep. 2007.
- Kang J., Zhang M., 2010. Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces. *Building and Environment*, vol. 45, pp 150-157.
- Keiper, Winfried (1997) Sound Quality Evaluation in the Product Cycle. *Acta Acustica united with Acustica*, Volume 83, Number 5, September /October 1997 , pp. 784-788(5)
- Lee P. J., Jeon J. Y. (2008). Soundwalk for evaluating community noise annoyance in urban spaces. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods, CT.
- Llimpe C.E., Recuero M., Moreno J.N., (2006). Encuestas sobre molestias causadas por ruido en el Centro Historico de Lima, Perú: Analisis Subjetivo relacionado al estudio objetivo. V Congreso Iberoamericano de Acústica, Santiago, Chile.
- Maristany A., Recuero López M. (2010). Relationship between objective and subjective indicators in urban soundscape analysis. The case of Córdoba – Argentina. *Internoise 2010*. Lisbon, Portugal.
- Maristany A., Recuero López M., Asensio Rivera C. (2016). Soundscape quality analysis by fuzzy logic: A field study in Cordoba, Argentina. *Applied Acoustics*. Volume 111, October 2016, Pages 106–115.
- Nilsson, M.; Botteldooren, D.; De Coensel, B. (2007). Acoustic indicators of soundscape quality and noise annoyance in outdoor urban areas. 19th International Congress on Acoustics, Madrid, Spain, september 2007.
- Nilsson. M. E. Jeon, J. Y. Rådsten-Ekman, M. Axelsson, Ö. (2012). A soundwalk study on the relationship between soundscape and overall quality of urban outdoor places. *Proceedings Acoustics 2012*. Hong Kong.
- Orfield, S.J. (1992) "A new paradigm in psychoacoustics, part five: sound quality metrics". *Sound & Communication*. Dec 1992. Pp 68-78.
- Pheasant R., Horoshenkov K., Watts G., Barrett B., (2008). The acoustic and visual factors influencing the construction of tranquil space in urban and rural environments tranquil spaces-quiet places?. *Journal of Acoustic Society of America*. 123 (3), March 2008. pp 1446–1457.
- Quintero, Carolina; Recuero, Manuel. (2007). "Sound Environment Qualitative Assessment In The Streets Of Maracaibo – Venezuela. Soundscape". 19th INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS MADRID, 2-7 SEPTEMBER 2007.
- Raimbault M., Dubois D. (2005):"Urban soundscapes: Experiences and knowledge". *Cities*, Vol. 22, No. 5, p. 339–350.
- Raimbault, M.; Lavandier, C.; Berengier, (2003) M. Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities, *Applied Acoustics*, vol 64, pp. 1241–1256.
- Raimbault, M.; Dubois, D. (2005). Urban soundscapes: Experiences and knowledge, *Cities*, Vol 22 (5), pp 339–350.
- Recuero L. (1997). Mapas de ruido. Determinación del error cometido en medidas de campo, para diferentes duraciones de las Muestras. *Revista de Acústica SEA*, Vol 18 (3-4), pp 89-93.
- Rychtarikova M., Vermeira G., Domeckac M. (2008)."The Application of the Soundscape Approach in the Evaluation of the Urban Public Spaces". *Acoustic '08*. Paris.
- Schafer, R. Murray (1969). *The New Soundscape*. Don Mills.
- Schulte-Fortkamp, B., (2007). Integrating the soundscape in the community noise area. 19th International Congress on Acoustics (ICA). Madrid, Spain.

- Schulte-Fortkamp, Brigitte; Genuit, Klaus; Fiebig, André. (2007). "Perception of product sound quality and sound quality in soundscapes". 19th International Congress on Acoustics. (ICA). Madrid, Spain.
- Semidor, C.; Barlet, A.; Chartier, F. (2007). Soundscape approach as a tool for urban design. Second part: Frequentation, use and sound environment perception in four cities in Europe: Barcelona, Bristol, Brussels and Genoa, European Commission DG Research.
- Semidor, Catherine. (2005). "Characterization of urban soundscape using psychoacoustic criteria". *Internoise 2005*. Rio de Janeiro.
- Sommerhoff J., Recuero M., Suarez E., 2004. Community noise survey of the city of Valdivia, Chile. *Applied Acoustics*, vol 65, pp 643–656.
- Stasko -Mazur K. (2015). Soundwalk as a multifaceted practice. *Argument: Biannual Philosophical Journal*. ol. 5 (2/2015) pp. 439–455.
- Suárez, E., Recuero, M. 2002. Metodologías Simplificadas para Estudios en Acústica Ambiental: Aplicación en la Isla de Menorca-Tesis Doctoral. Programa de Doctorado en Ingeniería Acústica, Departamento de Mecánica y Fabricación, E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Suárez E., Recuero M. (2000). Análisis Comparativo Sobre Programas Computacionales de Predicción de Ruido en Exteriores. *Memorias II Congreso Iberoamericano de Acústica, Tecniacústica 2000*, Madrid, España.
- Szeremeta B., Zannin P., (2009). Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. *Science of the Total Environment*, 407, pp 6143-6149.
- Venot, F, Sémidor, C. (2006). The "soundwalk" as an operational component for urban design. 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland. September 2006.
- Viollon S.; Lavandier C.; Drake C., (2002). Influence of visual setting on sound ratings in an urban environment. *Applied Acoustics*, Volume 63, Number 5, 493-511.
- Westerkamp, H. (1974). Soundwalking. *Sound Heritage*, Volume III Number 4, Victoria B.C. Revised 2001.
- Yang, W, Kang, J (2005). "Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces". *Applied Acoustics* 66, pp 211-229.
- Yu, Lei; Kang, Jian. (2008). "Effects of social, demographical and behavioral factors on the sound level evaluation in urban open spaces". *Journal of Acoustic Society of America*. 123 (2), February 2008. pp 772-783.
- Zannin P, Calixto A., Diniz F, Ferreira J., 2003. A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: the importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, volume 23, pp 245-255.
- Zhang, M.; Kang, J. (2007). Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open spaces. *Environment and Planning*, vol 34, pp 68 - 86.