

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación

ECOLOGÍA ACÚSTICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

María Isabel Oro Bracco

2017

El Sonido llega a lugares a los que la vista no puede.

El sonido se zambulle por debajo de la superficie.

El sonido penetra hasta el corazón de las cosas.

R.Murray Shafer

RESUMEN

Se define paisaje sonoro como la suma de los elementos sonoros que integran un entorno, ambiente o territorio.

Todas las especies vivas están fuertemente influenciadas por el paisaje sonoro circundante, sean o no conscientes de su presencia. La exposición a entornos sonoros complejos, intensos y permanentes en el tiempo, como los que proliferan en las grandes ciudades, causa perturbaciones en el estado de ánimo e incide en el deterioro de salud de los ciudadanos. Aunque la intensidad del ruido haya sido considerada hasta ahora el principal indicador para medir la denominada “contaminación acústica” en realidad existen otros muchos parámetros sonoros que ayudan a entender la compleja relación que se establece entre el paisaje sonoro predominante en un lugar y los habitantes que pueblan sus alrededores, lo que supone el verdadero objeto de estudio de la Ecología Acústica.

ABSTRACT

Soundscape is defined as the sum of the sound elements that define an environment or territory.

All living species are strongly influenced by the surrounding soundscape, whether or not they are aware of its presence. Exposure to complex, intense and permanent sound environments in time, such as those that proliferate in large

cities, causes disturbances in mood and affects deteriorates the health of the citizens. Although noise intensity has hitherto been considered the main indicator to measure the so called "noise pollution" there are, in fact, many other sound parameters that help to understand the complex relationship that exists between the predominant sound landscape in a place and the inhabitants who populate its surroundings, which is the actual object of study of Acoustic Ecology.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA ECOLOGÍA ACÚSTICA	1
1.1. LOS INICIOS	2
1.2. TIPOS DE FUENTES DEL ENTORNO SONORO	5
1.2.1. Geofonía	6
1.2.2. Biofonía	7
1.2.3. Antropofonía	8
1.2.4. Evolución del entorno sonoro	8
1.3. RUIDO	10
1.3.1. Efectos del ruido	13
1.3.2. Ruidismo	17
1.4. SILENCIO	20
1.5. MODOS DE ESCUCHA	21
1.5.1. Escucha Causal	22
1.5.2. Escucha Semántica	22
1.5.3. Escucha Reducida	23
1.5.4. Escucha Referencial	25
1.6. ENFOQUE COMUNICACIONAL	26
1.7. BARRERAS ACÚSTICAS	29
1.7.1. Moozak o Hilo Musical	30

1.8. LO VISUAL FRENTE A LO SONORO	32
CAPÍTULO 2: PRINCIPIOS BÁSICOS DE SONIDO.....	35
2.1. ELEMENTOS BÁSICO SOBRE ACÚSTICA.....	35
2.1.1. La onda de sonido	35
2.1.2. Frecuencia y tono.....	36
2.1.3. Amplitud y volumen	37
2.1.4. Velocidad del sonido	38
2.1.5. Longitud de onda	39
2.1.6. Presión sonora.....	39
2.1.7. Potencia sonora	40
2.1.8. Intensidad sonora	40
2.2. EL DECIBELIO	41
2.2.1. Nivel de presión sonora SPL	42
2.2.2. Nivel de potencia sonora.....	43
2.2.3. Sonoridad	44
2.2.4. Nitidez.....	46
2.2.5. Rugosidad	46
2.2.6. Nivel de exposición sonora SEL.....	46
2.3. DOMINIO TEMPORAL Y FRECUENCIAL	47
2.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL SONIDO: ESPECTROGRAMA	48

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE SONORO	51
3.1. FIGURA Y FONDO.....	53
3.2. ALTA Y BAJA FIDELIDAD	55
3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SONIDOS	57
3.4. APROXIMACIÓN PSICOLÓGICA A LA INTERPRETACIÓN DEL PAISAJE SONORO	58
3.5. TIPOS DE PAISAJE SONORO.....	60
3.5.1. Paisaje sonoro natural	60
3.5.2. Paisaje sonoro rural.....	62
3.5.3. Paisaje sonoro urbano	64
3.6. EL OBJETO SONORO	67
3.6.1. Tipología de los objetos sonoros	71
 CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA.....	 79
4.1. EQUIPAMIENTO	81
4.1.1. Grabadoras compactas	82
4.1.2. Grabadoras con previos	83
4.1.3. Previos independientes	84
4.1.4. Micrófonos.....	84
4.1.5. Accesorios.....	85
4.1.6. Cámara fotográfica	88
4.1.7. Sistema de localización geográfica.....	88
4.2. DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE AUDIO.....	88

4.3. SOFTWARE.....	90
4.4. MEDIDAS	91
4.4.1. Medidas de presión sonora	92
4.4.2. Medidas psicoacústicas	96
4.4.3. Análisis espectral	98
4.5. CALIDAD DE UN PAISAJE SONORO	103
4.6. PASEO SONORO (SOUNDWALK).....	106
4.7. MODELO DE KANO	109
4.8. EVALUACIÓN DEL PAISAJE SONORO	112
 CAPÍTULO 5: APLICACIONES	 115
5.1. BIOACÚSTICA	115
5.2. PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	120
5.3. CREACIÓN DE MAPAS SONOROS	128
5.4. DISEÑO SONORO EN ÁREAS Y PARQUES URBANOS	132
5.5. ARTE SONORO	141
5.6. DISEÑO SONORO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES	144
5.7. EDUCACIÓN.....	150
 CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	 153
 BIBLIOGRAFÍA	 157

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA ECOLOGÍA ACÚSTICA

Si se definen las dos palabras por separado que conllevan el título de este proyecto, se tiene que la ecología es la ciencia que estudia las interacciones de los seres vivos entre sí y con su entorno. Así mismo la definición de acústica es la ciencia que estudia todo lo relacionado con el sonido y lo sonoro. Por tanto la ecología acústica se puede entender como la ciencia que estudia las interacciones de los seres vivos con su entorno sonoro y como el entorno sonoro influye en los seres vivos.

El paisaje sonoro (soundscape en inglés), es un término acuñado a finales de los años sesenta por el compositor canadiense R. Murray Schafer, quien lo bautizó como la suma de los elementos sonoros que definen un entorno, ambiente o territorio.

La ecología acústica se ocupa de mejorar el entorno sonoro al que hoy se ha llegado, sobre todo en las ciudades modernas. Donde cada vez

más el ser humano está sumido en un ruido constante al cual se ha acostumbrado y ha tomado ese entorno como natural.

Desde hace años se tiene información visual de cómo eran las sociedades antiguas, de cómo cambia un paisaje e incluso de cómo cambian las ciudades y pueblos a los largo de décadas.

Sin embargo, si se habla de sonido no hay, hasta ahora, un registro de cómo sonaban las sociedades hace años o de cómo era un paisaje antes de la intromisión del ser humano. Lo que puede haber llevado a la extinción de algunos sonidos.

Un paisaje sonoro va más allá de todo lo que se ve. No se posee ningún tipo de información de porqué o cómo aumentaron los decibelios en el nivel de ruido ambiental.

1.1. LOS INICIOS

Si se habla de ecología acústica hay que nombrar a su fundador R. Murray Schafer, músico, compositor y ex profesor de Comunicación de la Universidad Simon Fraser en Nurnaby, Canadá, quien en los años setenta publicó el libro *Soundscape: the tuning of the world*.¹

En esta obra habla y explica cómo ha ido cambiando el sonido a lo largo de los años. Desde el inicio del hombre de las cavernas hasta los días de la vida moderna.

La idea que plantea Schafer es estudiar el paisaje sonoro con el fin de poder hacer recomendaciones para su mejora. Es decir, documentar las

¹ R. Murray Schafer (1977), *The Tuning of The World*, Nueva York.

características, notar las diferencias y similitudes, recoger sonidos en peligro de extinción, estudiar los efectos de los nuevos sonidos antes de que sean lanzados al medio ambiente, analizar la simbología de los sonidos que tienen sobre el ser humano y estudiar los patrones del comportamiento humano en diferentes lugares acústicos con el fin de utilizar estos conocimientos para la creación de nuevos entornos sonoros.

Otra de las ideas importantes que Schafer recalca en todas sus obras es la creación de nuevos métodos para educar a las personas sobre la importancia del sonido en el medio ambiente mediante ejercicios para la limpieza de oídos y escucha selectiva. Dar una mayor importancia a lo auditivo que a lo visual.

Al comienzo de la década de los '70, Schafer junto con sus compañeros de la universidad crearon el *World Soundscape Project* (Proyecto Paisaje Sonoro Mundial), cuya primera concreción de importancia fue el estudio de campo del Paisaje Sonoro de Vancouver. Este estudio incluyó mediciones de niveles acústicos, grabaciones de paisajes sonoros y la descripción de una clase de características acústicas. Los resultados del estudio vieron la luz pública en forma de un libro y de una colección de grabaciones. Otros estudios de campo del Proyecto Paisaje Sonoro Mundial condujeron a la publicación de *Five Village Soundscapes*² y *European Sound Diary*.³

² Bruce Davis, Barry Truax, R. Murray Schafer (1977), *Five Village Soundscape*, Vancouver.

³ R. Murray Schafer (1977), *European Sound Diary*. The Aesthetic Research Centre (A.R.C.)



Figura 1.1. El grupo en un retrato de 1975. De izquierda a derecha: R.M. Schafer, Jean Reed, Bruce Davis, Peter Huse, Howard Broomfield. Fuente: <http://britishlibrary.typepad.co.uk/sound-and-vision/2013/07/five-european-villages.html>

En 1993 se fundó el *World Forum of Acoustic Ecology (WFAE)*, el cual tiene una repercusión a nivel mundial. Tiene como objetivo promover la educación acústica en la escucha, la conciencia fonética y la comprensión de los sonidos ambientales y sus significados; la investigación y el estudio de todos los aspectos del paisaje sonoro; la publicación y distribución de información sobre ecología acústica; la protección y preservación de paisajes sonoros naturales existentes y los tiempos y lugares de silencio; la creación y diseño de ambientes sonoros acústicamente saludables y equilibrados.

A día de hoy son numerosos los estudios que hay sobre el campo de la ecología acústica, se ha llegado a una conciencia colectiva de mejorar el entorno sonoro sobre todo en las áreas urbanas.

La obra de Schafer es todavía hoy el texto sobre ecología acústica más conocido.

1.2. TIPOS DE FUENTES DEL ENTORNO SONORO

La definición básica del sonido es todo aquello que pueda ser escuchado. Todo lo que se mueve en el mundo hace vibrar el aire, si se mueve de tal manera que oscila más de aproximadamente 16 veces por segundo este movimiento se oye como sonido.

Los sonidos escuchados pueden ser divididos en sonidos producidos por la naturaleza, por los seres humanos, y por artefactos eléctricos o mecánicos

El entorno acústico es el resultado de la mezcla de sonidos diferentes y concurrentes. Según la fuente de tales sonidos es posible distinguir un componente geofónico, un componente biofónico y un componente antropónico. Es una referencia de una dimensión física del paisaje sonoro como un primer enfoque descriptivo, y esto representa la clasificación más simplificada y objetiva de un paisaje sonoro.

Esta distinción es particularmente útil especialmente cuando se tiene la intención de explorar la relación entre los patrones del entorno sonoro y las configuraciones del paisaje.

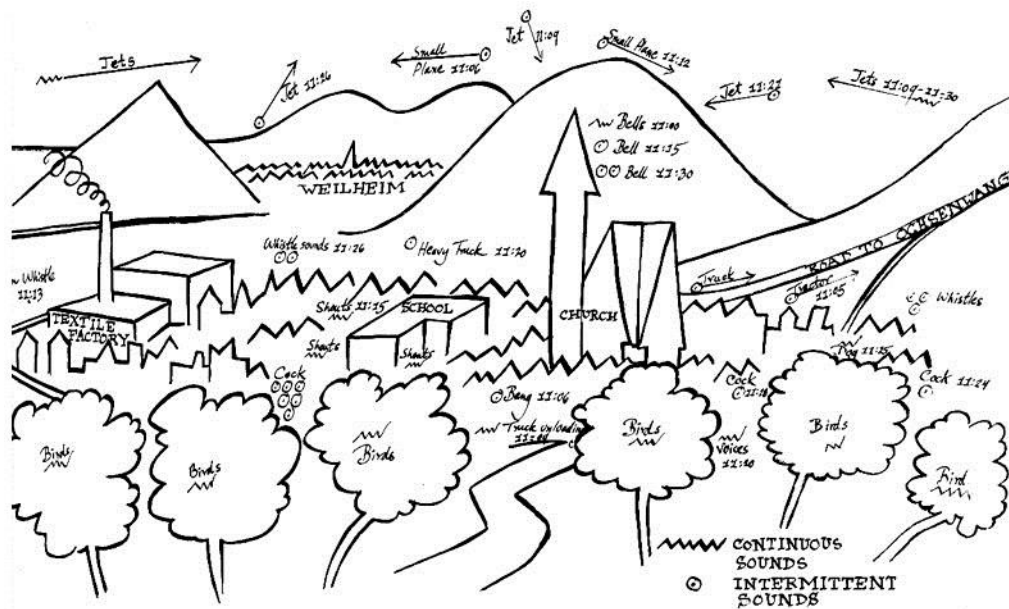


Figura 1.2. Una de las primeras descripciones gráficas del entorno sonoro de Vancouver por Murray Schafer. Fuente: <http://www.sfu.ca/~truax/FVS/fvs.html>

1.2.1. Geofonía

Las geofonías están representadas por todos los sonidos producidos por agentes naturales no biológicos tales como vientos, volcanes, olas del mar, agua corriente, lluvia, tormentas eléctricas, relámpagos, avalanchas, terremotos e inundaciones y representan el fondo sonoro con el que otros sonidos pueden superponerse, mezclarse o enmascarse. Las geofonías están fuertemente afectadas por el rasgo geomórfico de una región (pendiente, exposición, etc.) y por las condiciones climáticas y el clima local.

La morfología de una región, la presencia de valles, cañones, crestas y acantilados, determina una propagación diferente de sonidos que afectan

fuertemente la degradación sonora. El viento, la humedad del aire y la temperatura afectan los patrones de propagación de las ondas sonoras. En el entorno acuático, la profundidad, la salinidad y la temperatura son factores importantes en los procesos sonoros.

1.2.2. Biofonía

Son los sonidos que grupos o individuos de animales o seres vivos crean en un determinado medio ambiente. Por ejemplo el canto de los pájaros, el ladrido de un perro o la voz humana.

Las biofonías tienen patrones diferentes según la latitud, la estación, y las horas del día. En los ecosistemas terrestres los animales vocales son más activos durante el día en determinadas horas, variando con las estaciones y según la latitud. En los ecosistemas marinos, contribuyen otros factores como las corrientes, la penetración de la luz, la profundidad del mar y la transparencia del agua.

La actividad acústica de los animales tiene como finalidad la comunicación activa o pasiva con otros individuos de la misma o diferente especie por varias razones y funciones. La complejidad de la comunicación acústica depende en gran medida de factores como el rendimiento acústico específico de una especie, la densidad de población, el número de especies que componen la agregación local (comunidad), la hora del día y la estación y finalmente la tipología de la cubierta vegetal. Todos estos factores están fuertemente afectados por el posicionamiento geográfico a lo largo de los paralelos.

1.2.3. Antropofonía

Las antropofonías son el resultado de los sonidos artificiales como automóviles, trenes, aviones, maquinaria industrial y campanas. Y son la causa principal de la contaminación acústica, un fenómeno que ha revelado consecuencias peligrosas para todos los organismos y para la salud humana, produciendo modificaciones relevantes de la conducta en animales tanto humanos como no humanos. En los seres humanos, altos niveles de ruido pueden causar molestias y agresividad, hipertensión, pérdida de la audición, estrés adicional, acúfenos, pérdida de la audición, trastornos del sueño, etc. La exposición prolongada a altos niveles de ruido puede contribuir a la patología cardiovascular y a un incremento de la presión sanguínea.

Las antropofonías se intensifican en las zonas urbanas y cercanas a las infraestructuras industriales y de transporte como las carreteras y los aeropuertos. Las antropofonías cambian según la estructura y función de las ciudades y el contexto social y económico.

1.2.4. Evolución del entorno sonoro

Al principio predominaban los sonidos de la naturaleza como el viento, el agua, los pájaros, los animales. Más adelante en el paisaje pueblerino los sonidos predominantes eran las voces de los hombres y el sonido de sus industrias manuales. Después de las dos Guerras Mundiales del siglo pasado el mundo entró en una nueva era expresiva. Paralelamente, la Revolución Industrial y la dominación del espacio aéreo, tecnológico y cosmopolita, también aportaron nuevas sonoridades.

Los avances de la ciencia, la física y los medios masivos de comunicación, incorporaron realidades sonoras que, importadas desde las

fábricas, los medios de locomoción, la televisión o la radio con antenas parabólicas, llegaron a los hogares, se introdujeron en la vida cotidiana.

Gran parte de la experiencia de los sujetos a lo largo de su existencia está relacionada con el sonido; cada situación cada época de la vida va acompañada de un fondo sonoro. Los sonidos forman parte de la experiencia y su escucha puede desencadenar asociaciones inconscientes y hacer surgir de la memoria impresiones e imágenes, ayudando a recuperar vivencias del pasado.

El sonido puede llegar a ser un estímulo cargado de significados. Por lo que puede contribuir al enriquecimiento y sentido de los diferentes lugares en los que el hombre desarrolla su vida.

La presencia del sonido contribuye al proceso mediante el cual los ambientes se convierten en lugares, imprimiéndoles una atmósfera particular generadora de múltiples y variados sentimientos y sensaciones.

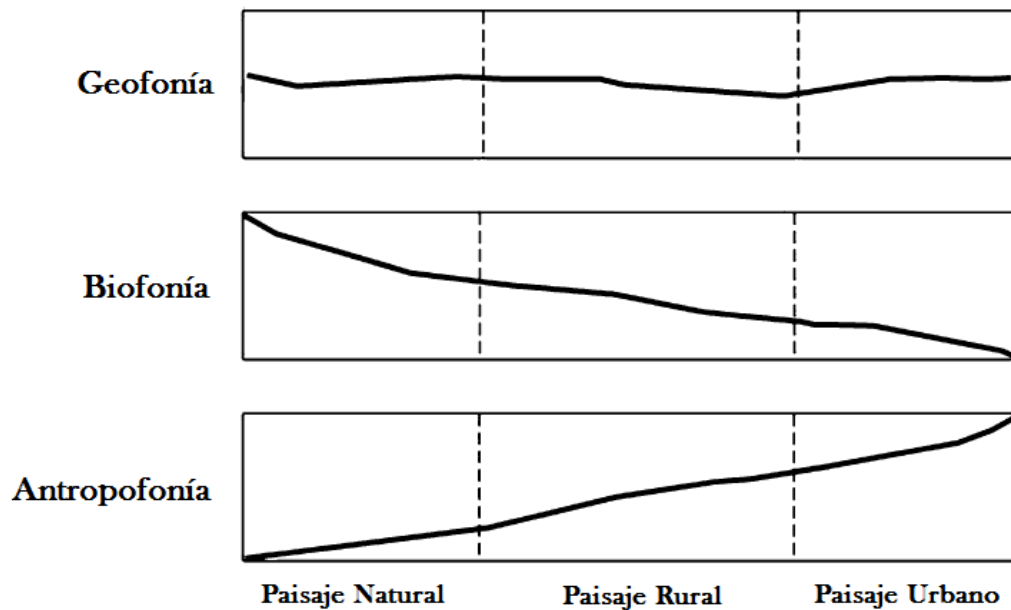


Figura 1.3. Gráfica sobre la evolución en los diferentes paisajes de los sonidos. Las geofonías parecen no verse afectadas, las biofonías muestran una disminución y las antropofonías aumentan. Fuente: A. Farina (2000).

1.3. RUIDO

¿Qué es el ruido? Murray Schafer dio varias definiciones sobre este concepto, pero la definición más simple es la de sonido no agradable.

Los indicadores de ruidos, tanto cualitativos como cuantitativos, sólo pueden entenderse dentro de un marco de referencia cultural. La cultura define el sistema de señales y decodificadores bajo el cual se desarrollan todas las formas de comunicación.

La cultura también define el volumen aceptable de los medios acústicos.

Por tanto se puede definir la diferencia entre sonido y ruido, tanto culturalmente como individualmente, por los gustos de los individuos pertenecientes a una sociedad, por los ambientes sonoros que buscan o discriminan, lo que les excita o les frustra. Es decir que el ruido tiene una connotación totalmente subjetiva. Para lo que algunos puede representar un modelo acústico desagradable para otros puede significar emoción y agrado.

Sonido y ruido no pueden entenderse como una relación dual sino como un continuo, por lo que es necesario analizar todo el campo perceptivo ya que existe una gran interrelación entre las percepciones visuales, acústicas, olfativas y táctiles del medio ambiente.

Para poder entender por qué un estímulo acústico frustra a una persona o no, hay que analizar toda la situación perceptiva.

En la actualidad existen sonidos que aun poseyendo efectos patológicos, son deseados, como por ejemplo los conciertos de música.

El trabajo de la ecología acústica con respecto al ruido, es la caracterización de los distintos efectos de éste y de las diferentes situaciones ambientales y sociales que permita mediante la concienciación y educación dar a conocer a la población los efectos nocivos de vivir en lugares con una gran contaminación acústica.

El ingeniero e investigador argentino Gustavo Basso, hace una reflexión al respecto sobre el ruido y la cultura en la que hoy en día se vive. Al respecto dice:

“....¿Qué sentido tiene promover leyes que impongan límites en los niveles acústicos y construir barrios tranquilos, cuando vamos a buscar el

*ruido, o lo transportamos con nosotros, a toda hora y en todo lugar? ¿Cuáles son las situaciones que pretenden mejorar estas normas? Para que una persona pueda desarrollar plenamente sus potencialidades auditivas, debe poseer –y conservar- un oído sano y educado.”*⁴

A pesar de las diferentes definiciones, un ruido es un sonido degradado o la suma de diferentes sonidos que crean un patrón confuso. En ambos casos contiene un bajo nivel de información. Adoptando las tres categorías de geofonías, antropofonías y biofonías, se puede decir que el ruido es la energía acústica que a su vez enmascara e interfiere a uno de estos tres tipos de fuentes.

El ruido es un sonido voluntario o involuntario que cuando se añade a una señal reduce la capacidad de esa señal para ser percibida e interpretada correctamente.

Según el punto de vista de la ecología acústica, el ruido puede definirse como la porción del espectro acústico que no ofrece información de por sí, pero la cantidad de ruido y su distribución en el tiempo pueden ser utilizados para evaluar eventos naturales o antropogénicos y para atribuir una calidad sonora a un paisaje o a un sitio/lugar.

El ruido sigue siendo un concepto no-claro que se utiliza a menudo para definir cada sonido antropogénico y / o sonido no deseado.

Si se considera el ruido en el sentido físico, en la naturaleza el ruido es un evento raro cuando no hay intervención humana directa o indirecta. Pero la pregunta que se hace la ecología acústica es, ¿una cascada o una tormenta de viento producen sonidos o ruidos? Esta pregunta permanece sin respuesta.

⁴ Gustavo Basso, fragmento de conferencia ENEAC/94.

Desde un punto de vista semiótico, una cascada puede ser considerada una indicación sonora para algunas especies y simplemente un ruido para otros.

Cuando los animales participan en los coros del amanecer o del crepúsculo, se perciben como ruido. Lo mismo ocurre con el ruido urbano que es el producto del tráfico, las voces humanas, las bocinas, las campanas, los aires acondicionados, etc.

Los seres humanos son el factor principal responsable de aumentar la contaminación acústica. El ruido no tiene límites, es difícil de manejar y se convierte en crónico en las áreas urbanas y cerca de las grandes infraestructuras de transporte.

Hay ruido industrial, ruido urbano, ruido ambiental, ruido de las aeronaves, etc. La red de transporte es una de las principales fuentes de ruido ambiental y el transporte aéreo y por carretera es tan intenso en todo el mundo que ecosistemas enteros están expuestos a un creciente ruido crónico.

1.3.1. Efectos del ruido

Las personas tienen diferentes reacciones a diferentes niveles de ruido dependiendo de la experiencia personal, la cultura y el contexto.

La contaminación acústica constituye uno de los problemas más graves del siglo XXI. Se sabe que una exposición prolongada al ruido puede afectar al canal auditivo, causando daños temporales o incluso permanentes, pero también afecta a un nivel subconsciente provocando irritabilidad en el carácter, jaqueca, problemas cardiovasculares, digestivos y neurológicos.

También provoca alteraciones en el sueño. Por tanto el ruido afecta a nivel audiológico, fisiológico y psicológico.

El estrés urbano no solo está causado por el ruido que se produce, pero si es uno de sus factores. Es relevante el deterioro de las condiciones del descanso nocturno en las grandes ciudades.

Tal es así que en la conferencia de ruido de Estocolmo de 1988 se demostró mediante un estudio llevado a cabo en Francia que los trabajadores textiles sometidos durante cinco años a un nivel de presión sonora alto desarrollaron un porcentaje mucho mayor de hipertensión arterial y de patologías cardíacas que los operarios de la misma fábrica con ocupación en áreas tranquilas.

En general, el ruido incrementa la excitación del sistema nervioso y como consecuencia estimula la concentración sobre ciertas fuentes de información, mejora la memoria intencional pero empeora la incidental, es positivo para la ejecución de tareas monótonas mientras sea moderado y es nocivo cuando es intenso ya que aumenta la intolerancia y la agresividad social.

La sensibilidad al ruido se define como una actitud para clasificar el sonido de acuerdo con un criterio individual y representa un antecedente importante de la molestia individual del ruido.

La sensibilidad al ruido tiene efectos indirectos sobre la salud, creando una condición psicológica estresante, aumentando la reactividad psicológica del sistema cardiovascular y se relaciona con el grado de psicopatología. Las personas sensibles al ruido (NSP) tienen incrementos significativamente mayores en la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica y diastólica en comparación con las personas con ruido no sensible

(NNSP). La gente no sensible del ruido parece conectada más a los problemas psiquiátricos tales como desórdenes fóbicos y depresión. Las personas neuróticas parecen más sensibles al nivel de ruido cuando por el término neurótico nos referimos a una persona que es demasiado nerviosa o inestable.⁵

La exposición continua a ruidos o sonidos no deseados, provoca también distorsiones en los hábitos estético-sonoros, porque se aceptan con naturalidad los ruidos hasta tal punto que se dejarán de oír de manera consciente lo que producirá que el paisaje sonoro se contamine y modifique. Otra reacción psicológica a un nuevo estímulo se llama respuesta orientadora (OR) o reflejo orientador. Este reflejo se reduce después de que un estímulo se repite varias veces, y esta reacción se llama habituación.⁶

⁵ Julio Díaz Jiménez, Cristina Linares et al (2015), *Efectos en la salud del ruido del tráfico: Más allá de las molestias*. Instituto de Salud Carlos III.

⁶ Ana María Salazar Bugueño, *Pérdida auditiva por contaminación acústica laboral en Santiago de Chile* (2012), Universitat de Barcelona.



Figura 1.4. Efectos del ruido en el organismo según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Fuente: elaboración propia.

La molestia se define como una sensación de desagrado provocada por el ruido. Este parámetro se utiliza no sólo para evaluar el efecto del ruido en la función de dormir sino también para otros efectos adversos del ruido. Muchas investigaciones han confirmado que la molestia se correlaciona con la sonoridad (percibida) y el nivel de presión acústica.

La evaluación de molestias basada en la medición de decibelios no es suficiente para evaluar la calidad del ambiente sonoro. El concepto de paisaje sonoro parece una forma más integrada y eficiente de evaluar dicha calidad. Como se verá en los siguientes capítulos.

En el análisis de la molestia sónica es necesario separar analíticamente la estructura del sonido de la caracterización subjetiva

personal (por ejemplo, sonoridad, desagrado), es decir, diferentes grupos de personas (residentes, visitantes, trabajadores, etc.) pueden tener un juicio diferente de un sonido específico.

La lucha de la ecología acústica es dar a conocer a toda la población los efectos nocivos del ruido para poder generar leyes, programas de salud y diseños urbanos que mejoren la calidad de vida.

Los efectos de la exposición al ruido en la sociedad urbana son cada vez más preocupantes, pero el principal problema para controlar y posiblemente reducir dicha exposición depende en gran medida de métodos que puedan medir de manera eficiente y realista la dosis de ruido importante para nuestro sistema fisiológico y social.

El efecto de la molestia es sólo en parte causado por la exposición al ruido, pero otros factores como la apreciación del paisaje pueden desempeñar un papel importante. Una evaluación positiva del paisaje puede mejorar o puede reducir los efectos de la molestia.

1.3.2. Ruidismo

También conocido como Noise. Tiene como objeto utilizar el “ruido” dentro del contexto musical. Este movimiento nace a principios del siglo XX junto al movimiento futurista que busca romper con la tradición del pasado y los signos convencionales.

El ruido como concepto estético es reciente en términos histórico. Nace con la Revolución Industrial y los sonidos que empiezan a inundar las ciudades de principios del siglo XX. Tiende a cuestionar la distinción que se hace en las prácticas musicales convencionales entre el sonido musical y no musical.

En este arte se incluyen ruidos generados acústicamente o electrónicamente, e instrumentos musicales tradicionales y no convencionales. También puede haber énfasis en altos niveles de volumen y largas piezas continuas.

Luigi Russolo es considerado el primer compositor de música experimental por sus conciertos de ruidos. Fue autor del manifiesto *El Arte de los Ruidos*⁷, en el que justificó las razones que llevaban del sonido al ruido musical y, criticó un gran número de instrumentos musicales conocidos, ya que no podían seguir satisfaciendo la “moderna sed de acústica” del hombre.

Inventó una máquina llamada intonarumori o entonador de ruidos, la cual fue criticada en la época.

⁷ Luigi Russolo, *L'Arte del Rumori*, (1909), Italia.

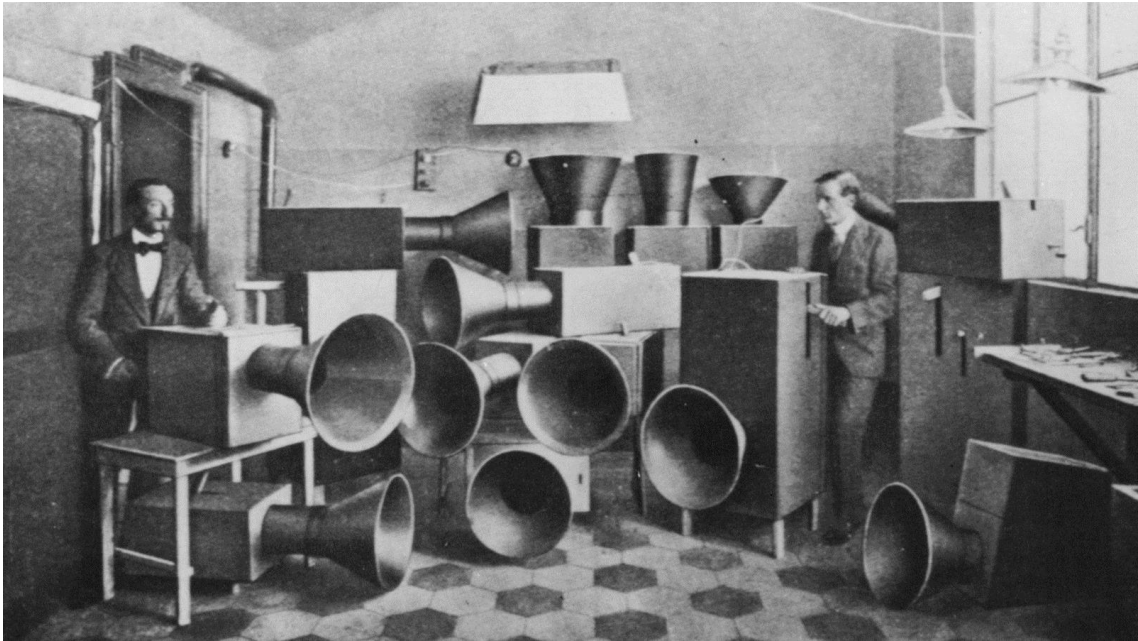


Figura 1.5. Luigi Russolo y Ugo Piatti en el laboratorio de Milán con el intonarumori. Fuente: *L'Arte dei Rumori*. Edizioni futurisete di poesía, 1969.

Otro compositor significativo de este movimiento es el francés Pierre Schaeffer, considerado el padre de la música concreta, la cual consiste en utilizar sonidos grabados para combinarlos y variarlos. Es decir, tratar el sonido de forma independiente para manipularlo.

Fue el creador de la *Guía de los objetos sonoros* en la que desarrolla sus ideas sobre este tipo de música. Es precursor de la música electrónica y de los samplers y sintetizadores que se desarrollarían más adelante.

Este movimiento supuso un avance en cuanto al tratamiento y concepto del ruido. La idea de poder manipular el sonido a voluntad mediante la tecnología supuso un cambio en los entornos sonoros que hoy en día se conocen.

1.4. SILENCIO

En 1951, el músico y compositor Jhon Cage emprendió un viaje cuya misión era encontrar algún lugar en el mundo donde no existiera sonido alguno. Decidió visitar una cámara anecoica⁸, cuando salió de ella comentó con el ingeniero el hecho de haber escuchado dos sonidos: uno agudo y otro grave; el ingeniero le indicó que el sonido agudo era producido por su sistema nervioso, que se comunica con impulsos eléctricos enviados a su cerebro; el segundo correspondía con su circulación.

Con esta experiencia, Jhon Cage había concluido su viaje y dijo “*No hay tal cosa como el silencio*”.

Por tanto el silencio es algo subjetivo y no existe como tal. Sólo se puede señalar dependiendo del contexto cultural, por ejemplo el silencio “aburrido” de una fiesta al no haber música, o el silencio “inquietante” de la noche en una casa abandonada. En ambos casos, no existe un silencio absoluto.

Para el autor Wertford Miller, quien criticó duramente a los autores que abordaron el tema del silencio como un ideal humano, la relatividad del silencio está en función de la cantidad de sonidos inmiscuidos en el proceso de percepción. Sitúa al oyente en un papel de sufridor ante las constantes agresiones de sonidos que no quiere escuchar. Para Miller el sonido es la ausencia de procesos comunicativos siguiendo la teoría de la comunicación acústica y se centra en el contexto.

⁸Habitación diseñada para absorber por completo los reflejos de cualquiera de las ondas sonoras o electromagnéticas. Debe estar aislada de las fuentes externas de ruido. Fuente: <http://aislacustic.com/>

El silencio existe como referencia al ambiente de un paisaje sonoro, de forma que “tranquilo” y “silencioso” se convierten en sinónimos casi perfectos.

Para la ecología acústica el silencio es sinónimo de tranquilidad y bienestar. Hace hincapié en la importancia de tener y crear áreas para el silencio pues el aumento de los sonidos en los últimos tiempos ha tenido efectos negativos en la sociedad y el medio ambiente a nivel mundial.

1.5. MODOS DE ESCUCHA

Escuchar, frente a oír, es un proceso activo, aprendido culturalmente, que conlleva filtrar y focalizar selectivamente la atención hacia diferentes sonidos o rasgos específicos de éstos. Este proceso se hace de forma automática y continua.

La forma en la que están dispuestos los oídos permite la recepción de los sonidos de forma estereofónica pudiendo percibir la distancia y las relaciones espaciales.

La capacidad de escuchar es multifacética, lo que significa que se puede recoger información a través de varias perspectivas diferentes tanto psicológicas como perceptivas.

La actitud hacia la escucha dependerá de diferentes criterios lo que se conoce como modos de escucha.

La primera clasificación fue propuesta por Pierre Schaeffer en su *Tratado de los objetos musicales*, que posteriormente adoptaría Michel Chion en *La audiovisión*. Una década después David Sonnenschein hace una nueva enumeración para añadir un cuarto tipo de escucha.

1.5.1. Escucha Causal

Es la escucha más extendida, consiste en escuchar para informarse. En la localización del sonido y su causa. Esta localización puede ser visible proporcionando información complementaria; o invisible y que el sonido constituya la principal fuente de información.

Este tipo de escucha puede realizarse en diferentes niveles. Unas veces se reconoce la causa precisa e individual como por ejemplo la voz de una persona determinada o el sonido de un objeto único entre todos. Este reconocimiento se hace pocas veces sólo a partir del sonido, fuera de todo contexto.

Lo que el ser humano puede reconocer es sólo una naturaleza de causa. Es decir, reconocer en tiempo real todos los parámetros de calidad del sonido como la intensidad, el timbre.

Schaeffer decía al respecto: *“Si nos privan de la visión del instrumento o del operador, sino recibimos ninguna explicación exterior y nos separan del contexto, tendremos más curiosidad por saber quién toca, de donde proviene ese extraño ruido, qué lo origina y qué significa.”*⁹

1.5.2. Escucha Semántica

Se llama escucha semántica a la que se refiere a un código, a un lenguaje para interpretar un mensaje. Como el lenguaje hablado y el código morse.

Esta escucha constituye el objeto de la investigación lingüística. Un fonema no se escucha por su valor acústico absoluto, sino a través de todo

⁹ Pierre Shaeffer *Tratado de los objetos musicales*. p.87, (1988).

un sistema de oposiciones y de diferencias de pronunciación, y por tanto de sonido.

El foco de atención se centra en la decodificación del mensaje lingüístico y no tanto en la causa que origina el sonido o los rasgos específicos asociados a la dicción y pronunciación de los sonidos.

1.5.3. Escucha Reducida

La escucha reducida es la actitud de escucha que consiste en escuchar al sonido por sí mismo, como Objeto Sonoro¹⁰

Se toma el sonido como un objeto de observación en sí mismo. No interesa ni la causa ni el sentido. Al escuchar en forma reducida se focaliza en las cualidades intrínsecas del sonido (intensidad, altura, tono, ritmo, reparto de frecuencias, textura, etc.), es decir se le “quita” al sonido toda connotación emocional. Se consigue ampliar la escucha y afinar el oído.

Es una escucha del sonido por sí mismo, en su propia materialidad. Por ejemplo los profesionales y técnicos que trabajan en el campo de la edición, mezcla y postproducción, la practican continuamente. También se recomienda para los estudiantes de sonido como ejercicio de iniciación y análisis.

1.5.3.1. Acusmática

El origen de la palabra se remonta a los discípulos de Pitágoras que escuchaban sus lecciones sin verlo: la idea era que se concentraran en su voz y no en su imagen. Esta situación dio lugar a la utilización de la palabra

¹⁰ Todo fenómeno sonoro que se percibe como un conjunto, como un todo coherente, independientemente de su procedencia o significado. De Chion, Michel (1983), *Guide des objets sonores*, pag.34, París.

acusmática como aquella en donde se escucha un sonido sin ver, sin reconocer su fuente.¹¹

Al escuchar un sonido grabado ya no se conoce su fuente por lo que se puede escuchar el sonido en sí mismo.

Murray Schafer definió la división entre un sonido original y su transmisión o reproducción electroacústica como **esquizofonía**, palabra que da un sentido de aberración y drama. Al respecto dijo: “...*Por medio de la radiodifusión y de la grabación se ha disuelto la relación vincular entre un sonido y su fuente. Los sonidos han sido separados de sus cuencas naturales y les fue dada una existencia independiente y amplificada. Ahora podemos sintonizar sonidos que se originan en todo el mundo, tanto en nuestros hogares, como en nuestros coches, en las calles, en los edificios públicos, en cualquier lugar y en todas partes. Y así como el grito propaga angustia, el altoparlante comunica ansiedad.*

El sistema cuadrafónico ha hecho posible un paisaje sonoro de 360 grados, la simulación de cualquier sonido en cualquier ambiente en tiempo y espacio. Cualquier entorno sonoro puede convertirse en cualquier otro.”¹²

La escucha acusmática se opone a la escucha directa, que es la situación “natural” en la cual las fuentes de los sonidos están presentes y son visibles. Modifica las condiciones de escucha disociando la vista del oído.

¹¹ Definición de <http://raulminsborg.blogspot.com.es/2008/02/qu-es-la-acusmtica.html>

¹² *Soundscape and Tuning of The World*, p.135, (1977), Nueva York

Pierre Shaeffer insiste sobre el sentido iniciático de la experiencia acusmática que coloca al oyente en situación de poder tomar conciencia tanto de su actividad perceptiva como del objeto sonoro.

1.5.3.1.1. Clariaudiencia

Definida por Murray Shafer como la capacidad básica de escucha para entender el mundo sonoro, en relación a los sonidos del ambiente o entorno. Esta capacidad puede ser entrenada mediante ejercicios de limpieza auditiva.

Para poder escuchar un sonido y aislarlo con sus propiedades acústicas es necesario reproducirlo varias veces mediante el uso de algún dispositivo de grabación.

1.5.4. Escucha Referencial

Es la aportación propia de Sonnenschein. Consiste en estar al corriente de o afectado por el contexto del sonido, conectándolo no sólo a la fuente sino principalmente al significado emocional y dramático. Es un tipo de escucha que está entre la escucha causal y la semántica, que conecta el origen del sonido con una significación añadida, no codificada formalmente, subjetiva, que se busca fuera del sonido en sí.

Puede ser instintivo y universal como por ejemplo el rugido de un león. Puede ser cultural y relacionarse con cierta sociedad o período, como el sonido de los caballos caminando sobre calles adoquinadas y puede ser parte de un código cultural como cuando se escucha la música de *El exorcista*¹³ que transmite miedo y ansiedad.

¹³ William Friedkin (1973).

1.6. ENFOQUE COMUNICACIONAL

Un enfoque comunicacional se encarga del intercambio de información, no trata el sonido de forma aislada de los procesos cognitivos que lo comprenden.

La escucha es el núcleo del modelo comunicacional. Es el procesamiento de información sonora que es útil y potencialmente significativo para el cerebro. El oyente individual dentro de un paisaje sonoro no está involucrado en un tipo pasivo de recepción de energía, sino que es parte de un sistema dinámico de intercambio de información.

El intercambio de información depende en gran medida del contexto. El estudio acústico de la propagación de un sonido en un entorno suele realizarse independientemente del contexto social y cultural. En estos estudios, el ruido se comporta de la misma manera, es tratado como un “factor de corrección”.

Barry Truax¹⁴ describe el sonido como mediador entre el individuo y el medio ambiente. En el mundo desarrollado el sonido tiene menos significado y la posibilidad de experimentar sonidos "naturales" decrece con cada generación, debido a la destrucción de los hábitats naturales.

¹⁴ Barry Truax (1947), es un compositor canadiense especializado en las implementaciones en tiempo real de la síntesis granular, a menudo de sonidos grabados y paisajes sonoros.



Figura 1.6. Relación mediadora entre un individuo y el medio ambiente mediante el sonido. Fuente: Truax, (1984), p. 77.

En un enfoque comunicativo, el contexto es esencial para comprender el significado de cualquier mensaje, incluido el sonido.

Antes de la tecnología de audio, nunca se había escuchado ningún sonido dos veces, exactamente igual, ni se había oído ningún sonido fuera de su contexto original.

El significado comunicacional de cualquier sonido sólo puede ser juzgado dentro de su contexto completo en el más amplio sentido ambiental, social y cultural. De hecho, es a través del contexto que se entiende cómo funciona un sonido.

Los sonidos no solo reflejan su contexto social y geográfico completo, sino que también refuerzan la identidad y la cohesión de la comunidad.

La experiencia acústica crea, influye y configura las relaciones habituales que se tienen con cualquier entorno. La relación puede ser

altamente interactiva, incluso terapéutica, pero también puede convertirse en opresiva a nivel físico y mental, como en el caso del ruido.

El sonido se convierte en algo que el individuo trata de bloquear, antes que escuchar. Como resultado, muchos individuos tratan de bloquearlo por medio de la instalación de ventanas dobles o de “perfume” acústico: la música. La música se usa para controlar el medio ambiente acústico, en lugar de como su expresión natural. La transmisión de palabra y música suministra la misma oportunidad de control, transformando el medio ambiente acústico en un bien de consumo. Las redes, transmisores y satélites extienden la comunidad acústica a todo el planeta, hecho que ha sido utilizado para acciones buenas y malas. Schafer denomina a este uso del sonido como "imperialismo acústico".

A través de medios electroacústicos se crean fuentes de poder y control, creando nuevas relaciones entre las personas y sus entornos. La tecnología crea nuevos entornos comunicacionales. El oyente se convierte en un miembro de un público de masas, de un mercado de consumo o un subgrupo objetivo. La tecnología puede crear relaciones que son repetitivas, adictivas y un sustituto disfrazado de una relación real.

Sin embargo, la tecnología también crea la posibilidad de experiencias innovadoras y artísticas a través de las construcciones artificiales de sonidos.

La acústica arquitectónica, la ingeniería acústica y la ingeniería de audio, han aportado amplios conocimientos sobre los métodos óptimos para controlar las ondas sonoras y las señales de audio. Su objetivo de diseño es que el estímulo deseado llegue al receptor y el ruido no deseado no. Estas técnicas son útiles, pero no conducen a criterios de diseño que vayan más

allá de la cuestión del control de las señales, no se cuestionan qué tipo de ambiente es deseable, significativo o beneficioso.

El diseño acústico, en el sentido más general, busca modificar las relaciones funcionales dentro del sistema oyente-ambiente.

Por tanto, los paisajes sonoros hacen algo más que describir el nivel de sonido o la audibilidad de los sonidos ambientales e intrusivos. De hecho, la respuesta al sonido depende de la relación mental, social y geográfica del oyente con la fuente sonora y el contexto.

1.7. BARRERAS ACÚSTICAS

Los muros existen para delimitar el espacio físico y acústico, aislando las áreas privadas y evitando las interferencias acústicas, especialmente en los edificios modernos. Frente a esta situación el hombre moderno ha descubierto lo que podría llamarse *audionalagesia*¹⁵, es decir, el uso del sonido como distracción para disipar otras fuentes. Como por ejemplo el hilo musical de hoteles, oficinas, restaurantes y muchos otros lugares públicos y privados.

Hoy en día se usan las barreras acústicas para enmascarar el paisaje sonoro impidiendo tener una escucha clara y real de ambiente acústico en el que se vive.

La ecología acústica desde sus inicios busca preservar los ambientes con la mejor calidad posible. Por eso cree inconveniente el uso de este tipo de barreras que desvirtúan y desfiguran el fondo sonoro.

¹⁵ Término utilizado por Murray Schafer en sus diferentes obras para expresar la pérdida del sentido de la audición y el acostumbramiento de los oídos del ser humano a los sonidos que lo rodean.

1.7.1. Moozak o Hilo Musical

La moozak o hilo musical es un producto comercial distribuido por empresas especializadas que emite un repertorio musical programado y procesado para una funcionalidad determinada, considerando las características del espacio físico intervenido y las dinámicas sociales que transcurren dentro del él.

Los clientes habituales del hilo musical son las tiendas, supermercados, hoteles, oficinas, etc. Hay estudios que demuestran que si la música es lenta, la gente va más lenta; por lo tanto en grandes superficies de compras puede interesar que los fines de semana los clientes sean más rápido, y que una mañana de entre semana vayan más despacio y se entretengan más. Por el contrario las necesidades son distintas si se trata de una agencia de viajes o un banco, en el que la música se programa para los empleados, pues pasan largos intervalos sin clientes, por lo que se usan canales largos, no muy llamativos y bastante generalistas.

La principal función es crear barreras acústicas para que la gente no tenga la sensación de que los demás les pueden escuchar. Dicho de otra forma, el destinatario final de estas músicas, el trabajador de las grandes empresas, el cliente de los comercios o el usuario de los servicios públicos se encuentran inmersos en un flujo musical totalmente ajeno a su control.

Al respecto de la dimensión sonora de estas construcciones modernas Schafer denuncia una conspiración de arquitectos e ingenieros acústicos al diseñar edificios deliberadamente “ruidosos”, siendo ya conocida la aplicación de “ruido blanco” con el fin de crear una “cortina acústica” para “enmascarar” una serie de sonidos distractores como vibraciones mecánicas, pasos humanos, conversaciones, etc.

De este modo, la capacidad de la música ambiental de actuar como “cortina acústica” constituye otra de las formas de anular ruidos o sonidos indeseados; justamente todo lo contrario al paisaje sonoro imaginado por Schafer y sus seguidores.

Los estudios sobre el paisaje sonoro o el diseño acústico pretenden liberar al paisaje sonoro de su sobrecarga sonora, su ruido y todo el "perfume" acústico que, por ejemplo, la Corporación Muzak ha introducido en el medio ambiente urbano. La ecología acústica propone el deseo de silencio como base para el diseño acústico del paisaje sonoro.

“Entre otras secuelas, nuestra época presencia el asalto a un derecho inalienable: el derecho al silencio. Hoy la música lo invade todo. Está presente en el supermercado, en la consulta médica, en la calle, en las líneas telefónicas. Nada de ello ha sido solicitado por nosotros. Nos las imponen y ellas se agregan al tumulto acústico de la ciudad contemporánea, integrando una cacofonía que a algunos afecta conscientemente y, a otros(¿minoría o mayoría?) no parece molestar. La agresión es tan general y dominante, que nuestra facultad privativa de no oír (taparnos los oídos) queda reducida al mínimo. Es prácticamente imposible resistirse a la agresión auditiva, estando comprobado que es justamente ella la que contribuye más decisivamente a los niveles de “stress”.

Se revela que postular la defensa del derecho al silencio, no debe entenderse como la simple ansia del descanso, la paz, el alejamiento de los ruidos de la ciudad, la búsqueda del “no-sonido”. Es mucho más que eso. Se trata, más bien, de la afirmación del derecho a la música, y allí se podrían incluir, entre otros, los siguientes aspectos: la opción de oír lo que

yo quiera y cuando quiera; el derecho a exigir que las condiciones acústicas y ambientales sean las adecuadas para el acto de audición.”¹⁶

1.8. LO VISUAL FRENTE A LO SONORO

Como se ha visto hasta ahora, la ecología acústica demuestra que hay una relación más profunda con el sonido. Ya que afecta al ser humano de forma subjetiva.

El oído es el primer sentido que se desarrolla, por tanto, la primera relación que los seres humanos tienen con el mundo es a través de los oídos: los primeros estímulos llegan de la voz de la madre, su líquido amniótico amplifica los sonidos del exterior y de este proceso surgen los primeros vínculos afectivos. No existen párpados en los oídos, es decir, no se puede dejar de escuchar de forma mecánica, como se realiza con los ojos, es por eso que el sentido auditivo trabaja día y noche durante toda la vida. Es un sentido que siempre permanece alerta, incluso al dormir. Además, según muchos estudios, las últimas células que se desconectan del cuerpo humano al morir son las del oído.

Desde los inicios, la sociedad favorece los aspectos visuales de la cultura provocando el deterioro de otras capacidades receptivas, como el oído, relegando a un segundo plano aquellas experiencias consideradas menos significativas. La “cultura del ojo”¹⁷ se ha superpuesto a la del oído y las personas cada vez requieren de más imágenes, son más visuales. La importancia de escuchar va quedando relegada a la costumbre de vivir en

¹⁶ Jaime Donosio, *Nuevas consideraciones sobre música y sociedad*, (1996), pp. 133- 136. Chile.

¹⁷ Término acuñado por Murray Shafer para explicar su preocupación por la sociedad de lo visual.

medio de ruidos que no se saben diferenciar y que se perciben en forma inconsciente, omitiendo sonidos.

Sin embargo, desde finales del siglo XX la ecología acústica despierta el interés de algunas personas y organismos hacia el fenómeno sonoro más allá de la música y de la física acústica en el que los sonidos medioambientales se revelan como objeto de estudio interdisciplinario.

Bien sean naturales o una construcción producto del funcionamiento de las sociedades modernas, los sonidos forman parte de la vida y de la memoria colectiva, presentándose como un material para la comprensión de las culturas y las sociedades que los producen, los utilizan o los perciben.

Una sociedad que escucha es más tolerante, abierta y productiva y es lo que pretende el estudio del paisaje sonoro: concienciar a la sociedad de la importancia de los sonidos en la vida cotidiana.

CAPÍTULO 2: PRINCIPIOS DE SONIDO

La ecología acústica es una ciencia joven con una amplia gama de campos y enfoques desde trabajo de laboratorio de la bioacústica a la psicoacústica y métodos heterogéneos para recopilar, procesar e interpretar datos sonoros.

Por eso antes de continuar profundizando en el tema, es necesario tener unas nociones básicas de sonido.

2.1. ELEMENTOS BÁSICOS SOBRE ACÚSTICA

En este apartado se hará una breve introducción sobre cuestiones puramente técnicas y físicas del sonido para tener una visión más amplia y poder entender la terminología que se usará más adelante.

2.1.1. La onda de sonido

El sonido se produce mediante vibraciones que se propagan mediante estructuras moleculares como gases, líquidos y sólidos. La escucha ocurre cuando esas vibraciones son recibidas y procesadas por el oído y enviadas al cerebro mediante el nervio auditivo.

El sonido comienza cuando un objeto vibra y entra en movimiento las moléculas de aire más cercanas. Estas moléculas pasan esa energía a las moléculas adyacentes, creando una reacción: la onda de sonido.

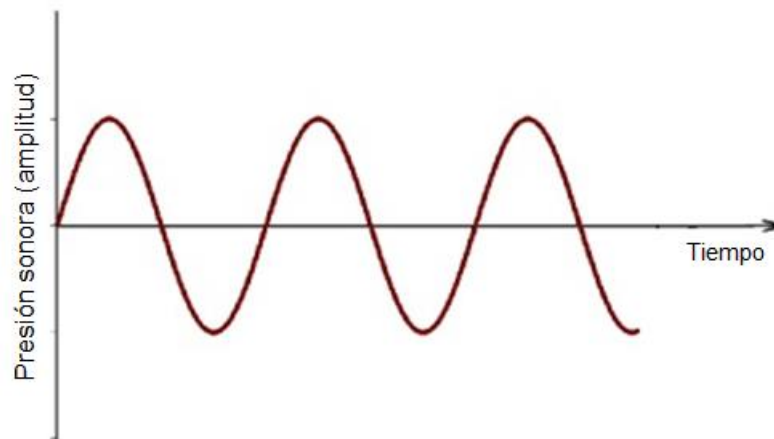


Figura 2.1. Onda sonora vista en amplitud y tiempo. Fuente: Elaboración propia.

El medio por el que viajan las ondas sonoras debe poseer masa y elasticidad, por tanto las ondas sonoras no se propagan en el vacío.

Las ondas sonoras en el aire están causadas por las variaciones de presión por encima y por debajo del valor estático de la presión atmosférica.

2.1.2. Frecuencia y tono

El número de oscilaciones completas efectuadas por unidad de tiempo recibe el nombre de frecuencia f , y su unidad de medida es el hertzio (Hz), que equivale al número de ciclos por cada segundo.

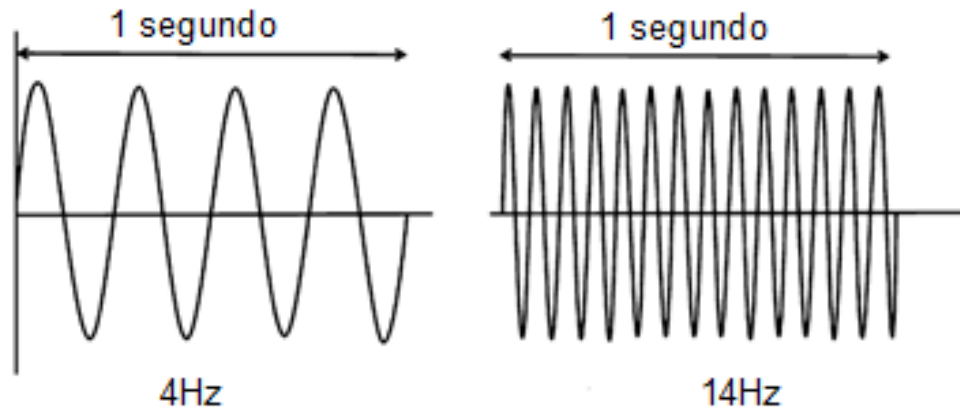


Figura 2.2. Diferencia entre un sonido de 4 Hz (izquierda) y un sonido de 14 Hz (derecha). Fuente: F. Alton Everest, (2001)

La frecuencia determina el tono del sonido que percibe un receptor. Tono agudo para frecuencia alta y tono grave para frecuencia baja. El oído humano puede percibir un rango de frecuencias comprendido entre 20 y 20.000 Hz, aunque los límites más comunes van desde los 35 a los 16000 Hz. Este rango varía con la edad y con la exposición al ruido de la persona.

2.1.3. Amplitud y volumen

La vibración de los objetos estimula a las moléculas a moverse en ondas de presión con una alternancia particular (compresión/ refracción).

Por tanto el tamaño de la onda de sonido se llama amplitud y depende de la intensidad de la vibración; cuanto más intensa es más moléculas son desplazadas y mayor será la subida y la profundidad de la onda de sonido.

La impresión subjetiva de la amplitud en el ser humano es el volumen alto o bajo del sonido.

La forma de la variación de amplitud es lo que se denomina envolvente de onda.

2.1.4. Velocidad del sonido

Cuando se propagan ondas sonoras las partículas individuales del medio, que vibran y transmiten las ondas, no modifican sus posiciones medias; simplemente vibran alrededor de esas posiciones medias. La distancia máxima media que se desplazan las partículas desde su posición de equilibrio se denomina amplitud de desplazamiento. Las perturbaciones que originan el sonido se propagan a una velocidad determinada, que se denomina velocidad del sonido. La velocidad de propagación del sonido c en un medio determinado, se puede calcular como:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

donde E y ρ son, respectivamente, el módulo de compresibilidad en N/m^2 y la densidad en kg/m^3 , del medio de propagación.

Las condiciones ambientales modifican la propagación del sonido. En aire seco con 0% de humedad a una temperatura de 20° C al nivel del mar, la velocidad del sonido es aproximadamente 340 m/s. En los sólidos el sonido se propaga mucho más rápidamente que en los gases.

2.1.5. Longitud de onda

La longitud de onda λ es la distancia entre un punto y el sucesivo que se encuentre en el mismo estado de fluctuación en un instante dado, y depende de la velocidad del sonido c y la frecuencia f según la relación:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Al tiempo completado en el que se produce una oscilación se le llama periodo T , y se cumple que:

$$T = \frac{1}{f}$$

2.1.6. Presión sonora

La presión sonora es la perturbación transmitida. Su unidad de medida es el pascal, Pa . Un pascal es equivalente a

A mayor presión sonora, mayor amplitud de fluctuación, lo que se traduce en un mayor volumen en el sonido percibido.

Se utiliza un promedio rms (root mean square) o valor eficaz para caracterizar las fluctuaciones de presión:

$$p^2 = p_{rms}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt$$

donde T es el intervalo de tiempo durante el cual se realiza el promediado.

Considerando que la menor presión sonora en el aire es del orden de 10^{-6} pascuales, la presión sonora se suele expresar en μPa .

2.1.7. Potencia sonora

La energía emitida al aire por unidad de tiempo desde una cierta fuente sonora es la potencia sonora, W , y depende sólo de la fuente emisora, mientras que la presión sonora depende además del recorrido efectuado por el sonido hasta alcanzar a un receptor.

$$p^2 = \frac{\rho c}{S} W$$

donde p es el valor eficaz de la presión sonora, ρ es la densidad del aire y S la superficie de los frentes de onda.

2.1.8. Intensidad sonora

La intensidad sonora, I , en una dirección específica en un punto es una magnitud vectorial, igual al flujo de energía sonora por unidad de tiempo a través de una unidad de área perpendicular a la dirección especificada.

$$p^2 = \rho c I$$

donde p es el valor eficaz de la presión sonora, ρ es la densidad del aire e I es la intensidad en W/m^2 .

2.2. EL DECIBELIO

Los sonidos presentes en nuestro entorno tienen unos valores de presión sonora que abarcan desde las milésimas de pascal hasta la decena de pascuales. El oído humano es capaz de percibir sonidos de tan solo cienmilésimas de Pa de amplitud de presión sonora, mientras que valores por encima de 100 Pa ya producen dolor y pueden dar lugar a lesiones de oído. La utilización de la escala lineal entre estos valores daría lugar a la utilización de cifras muy grandes, difíciles de manejar, por lo que, en la práctica se acostumbra a utilizar una escala logarítmica.

El decibelio (dB) es una unidad sin dimensión que se usa para comparar la proporción de dos cantidades en relación a la energía acústica, como la presión o la energía eléctrica o como energía y voltaje. Por tanto:

$$dB = 10 \log \frac{P_1}{P_0}$$

donde P_0 es una referencia con la que poder comparar el otro valor, P_1 .

Además, la percepción humana del sonido no sigue una escala lineal con la amplitud, sino más bien logarítmica: al duplicar los valores de presión sonora

de un cierto sonido, el oído responde como si a ese sonido se le fuera sumando sucesivamente una misma cantidad.

2.2.1. Nivel de presión sonora SPL

El nivel de presión sonora, SPL (Sound Pressure Level), es una medida logarítmica de la presión acústica efectiva de un sonido con respecto a un valor de referencia. Por tanto:

$$L_{SPL} = L_P = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

donde p_0 es la presión sonora de referencia en el aire igual a $2 \cdot 10^{-5} Pa$, siendo este valor el mínimo perceptible por el oído humano. Le corresponde una intensidad de referencia dada por la fórmula:

$$I_0 = \frac{p_0^2}{\rho c} = 10^{-12} W/m^2$$

El umbral del oído va desde los 0 a los 120 dB_{SPL}, Más allá de los 140 dB_{SPL} está el umbral del dolor. La Figura 2.3 muestra el volumen relativo de varios sonidos.

El margen de diferencia en decibelios entre el sonido más alto y el más bajo se llama margen dinámico.

2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE SONIDO

Volumen Aparente	Presión Sonora (Pa)	dB _{SPL}	
Ensordecedor		220	A tres metros de la boca de un cañón
		200	
		180	Motor de cohete
		160	Motor a reacción a muy poca distancia
		150	Daños auditivos irreversibles
Muy elevado	200	140	Umbral del dolor
	63	130	Grupo de rock en un concierto
	20	120	Umbral de sensación; Trueno
	6,3	110	Prensas automáticas
	2	100	Sala de imprenta
Elevado	$6,3 \cdot 10^{-1}$	90	Tráfico rodado pesado
	$2 \cdot 10^{-1}$	80	Calle con mucho tráfico
	$6,3 \cdot 10^{-2}$	70	Aparato de radio a elevado volumen
	$2 \cdot 10^{-2}$	60	Restaurante
Tolerable	$6,3 \cdot 10^{-3}$	50	Conversación normal a 1 m
	$2 \cdot 10^{-3}$	40	Área residencial durante la noche
Débil	$6,3 \cdot 10^{-4}$	30	Oficina silenciosa
	$2 \cdot 10^{-4}$	20	Estudio de grabación
Muy débil	$6,3 \cdot 10^{-5}$	10	Sonido de insectos por la noche en campo abierto
	$2 \cdot 10^{-5}$	0	Umbral de escucha

Figura 2.3. Niveles de presión sonora de diferentes fuentes de sonido. Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Nivel de potencia sonora

Para caracterizar la potencia acústica emitida por una fuente se define el nivel de potencia sonora como:

$$L_w = 10 \log \frac{W_E}{W_0}$$

siendo W_E la potencia sonora emitida y $W_0 = 10^{-12}$ vatios un valor de referencia.

2.2.3. Sonoridad

Es una medida subjetiva de la intensidad con que un sonido es percibido por el oído humano. Está relacionada con la frecuencia del sonido. Permite ordenar sonidos en una escala de mayor a menor intensidad. Su unidad de medida es el fonio, es una medida adimensional.

Puesto que la sensibilidad del oído humano no es una escala lineal sino logarítmica, los sonidos que se perciben no suenan de la misma manera en todas las frecuencias. Es por ello que el oído presenta su mayor sensibilidad alrededor de 3kHz.

2.2.3.1. Curvas de igual sonoridad

Las curvas de igual sonoridad o curvas isofónicas son curvas que ilustran la falta de sensibilidad del oído humano hacia frecuencias bajas y altas en comparación con las medias.

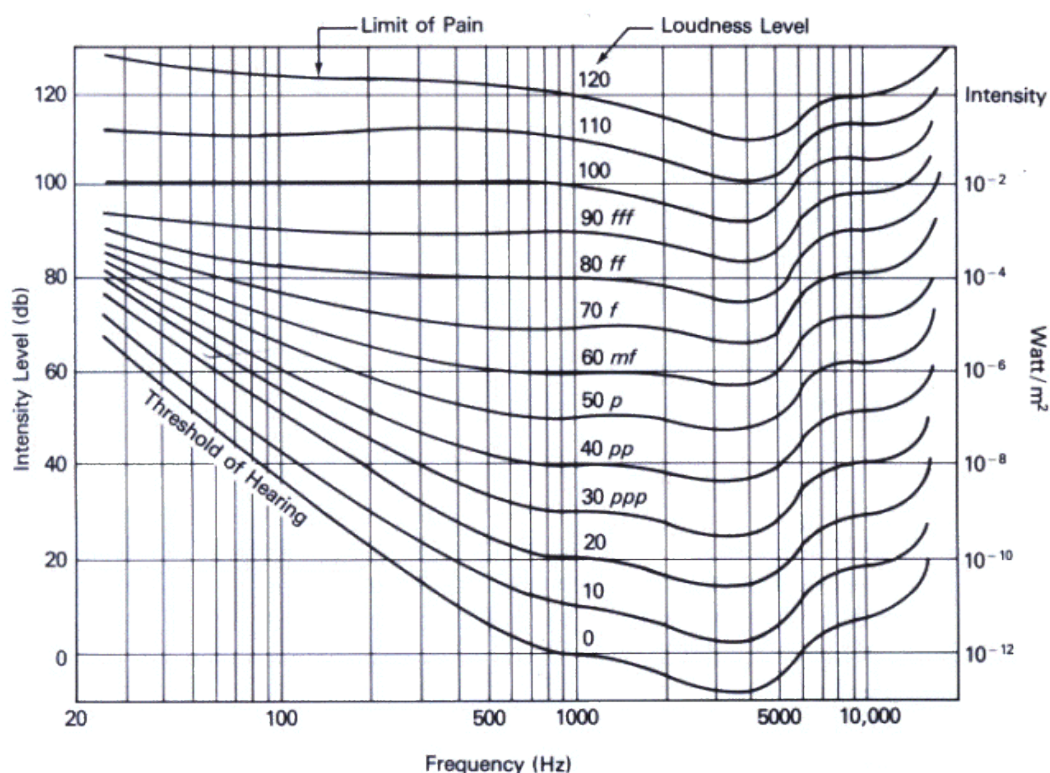


Figura 2.4. Curvas isofónicas. Cada curva se identifica por el nivel de presión sonora a 1000 Hz, nivel que recibe el nombre de fonio de la curva. Fuente: <http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/curvas-fletcher-munson.htm>

Como se ve en la Figura 2.4, a muy bajos niveles sólo los sonidos de frecuencias medias son audibles, mientras que a altos niveles todas las frecuencias se escuchan más o menos con la misma sonoridad. Es por ello que existen tres redes de ponderación de frecuencia, A, B y C, correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB respectivamente.

Los niveles de decibelios de las tres curvas se representan con dBA, dBB y dBC. La curva de ponderación A es la indicada para medir sonidos de bajo nivel. La curva de ponderación B es la que se usa para medir sonidos de nivel medio y la curva C, esencialmente plana, para sonidos muy altos.

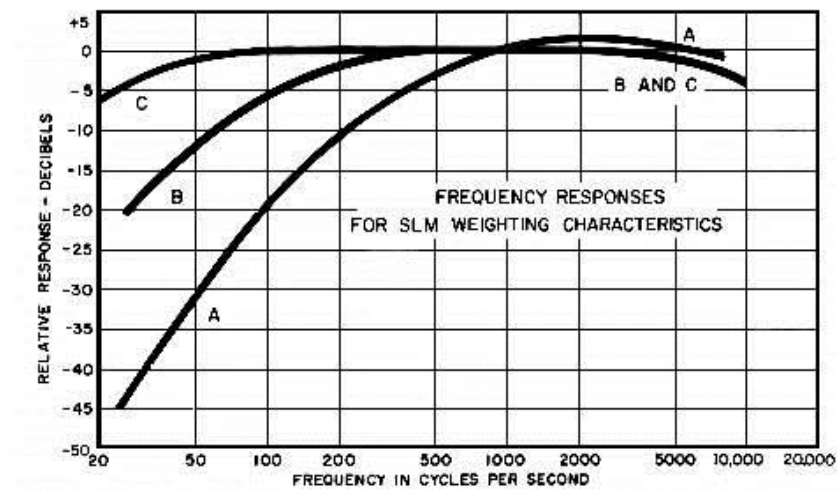


Figura 2.5. Curvas de ponderación A, B y C. Fuente: Barry Truax (1978).

2.2.4. Nitidez

La nitidez (o brillo) es una de las características más importantes del timbre. Este modelo describe cómo un sonido es "agudo", "áspero" o tiene "un borde". La unidad de nitidez es el acum, referido a una banda de ruido centrada en 1 kHz a un nivel de 60 dB.

2.2.5. Rugosidad

La rugosidad es la sensación causada por una modulación de amplitud bastante rápida dentro de los filtros auditivos. La unidad de rugosidad es el asper, que se hace referencia a un tono de 1 kHz a 60 dB con una modulación de amplitud del 100% a 70 Hz.

2.2.6. Nivel de exposición sonora SEL

Se utiliza para clasificar y comparar sucesos de ruido de diferente duración y se define como el nivel de presión sonora de un ruido continuo que

tiene la misma energía en un segundo que la del ruido real durante el intervalo de tiempo T .

$$SEL = 10 \log \left[\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{pA(t)}{p_0} \right)^2 dt \right]$$

donde $pA(t)$ es la presión ponderada en A, $p_0 = 20 \mu Pa$ la presión de referencia, $t_0 = 1$ segundo, el tiempo de referencia y $t_2 - t_1$ el intervalo de tiempo que incluye todo el ruido.

2.3. DOMINIO TEMPORAL Y FRECUENCIAL

En el dominio temporal la evolución de una señal se observa en función del tiempo. Las señales sonoras suelen ser periódicas o transitorias.

El matemático francés Fourier demostró que cualquier señal periódica puede descomponerse en una combinación de funciones senoidales de distintas frecuencias, en cada caso con distinta amplitud y fase. Para cada señal esta descomposición es única y es lo que se denomina series de Fourier.

De este modo en el dominio frecuencial cada componente de la onda compleja queda representada por una línea vertical. La altura de cada línea representa la amplitud y la posición, indica su frecuencia.

El dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia son equivalentes.

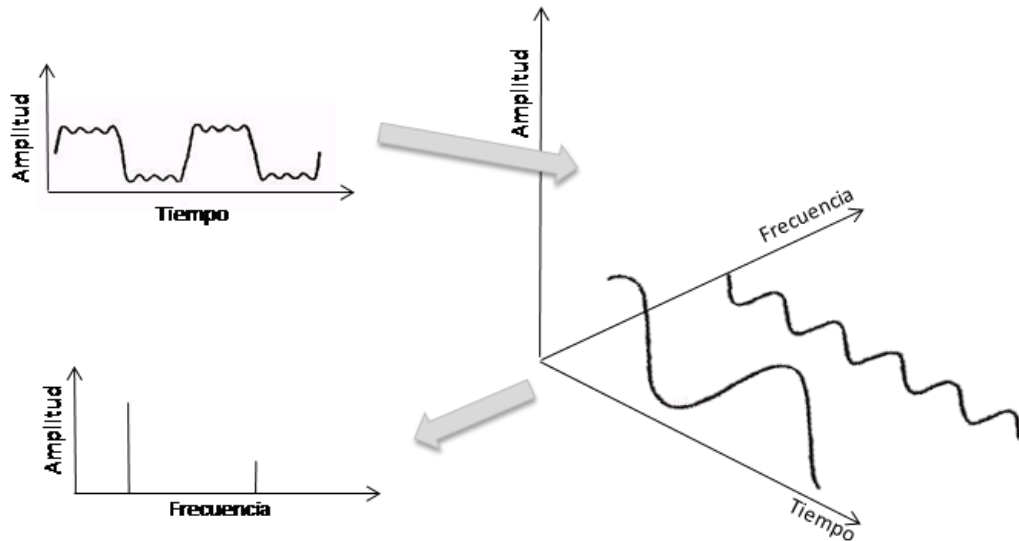


Figura 2.6. Paso del dominio temporal al dominio frecuencial. Fuente: elaboración propia.

2.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL SONIDO: ESPECTROGRAMA

El espectrograma es la representación visual del sonido en un espacio donde la dimensión horizontal corresponde al tiempo (lectura de izquierda a derecha), y la dimensión vertical representa la frecuencia (o tono) medida en hertzios (Hz) o ciclos por segundo. La amplitud del sonido en cualquier momento y frecuencia en particular está indicada por el color del espectrograma en ese punto.

El espectrograma es el resultado de un procedimiento conocido como transformada rápida de Fourier (STFT).

Este procedimiento divide la señal entera en una serie de segmentos de tiempo cortos sucesivos, o registros (ventanas). Cada registro se utiliza como entrada de un DFT que genera una serie de espectros (uno para cada registro). Para representar la serie entera, los espectros se trazan tamaño por tamaño.

La longitud de cada registro de una STFT determina la resolución del análisis de tiempo (Δt) del espectrograma. El ancho de banda de una STFT determina la resolución de análisis de frecuencia (Δf) del espectrograma. Un STFT con un ancho de banda ancho tendrá una resolución de análisis de frecuencia más pobre que un ancho de banda más estrecho.

La longitud de registro y el ancho de banda del filtro de una STFT son inversamente proporcionales y no son independientes. Generalmente se usa un registro de 512 puntos para tener una resolución satisfactoria en tiempo y frecuencia, pero la elección de la resolución depende del objetivo del análisis espectral.

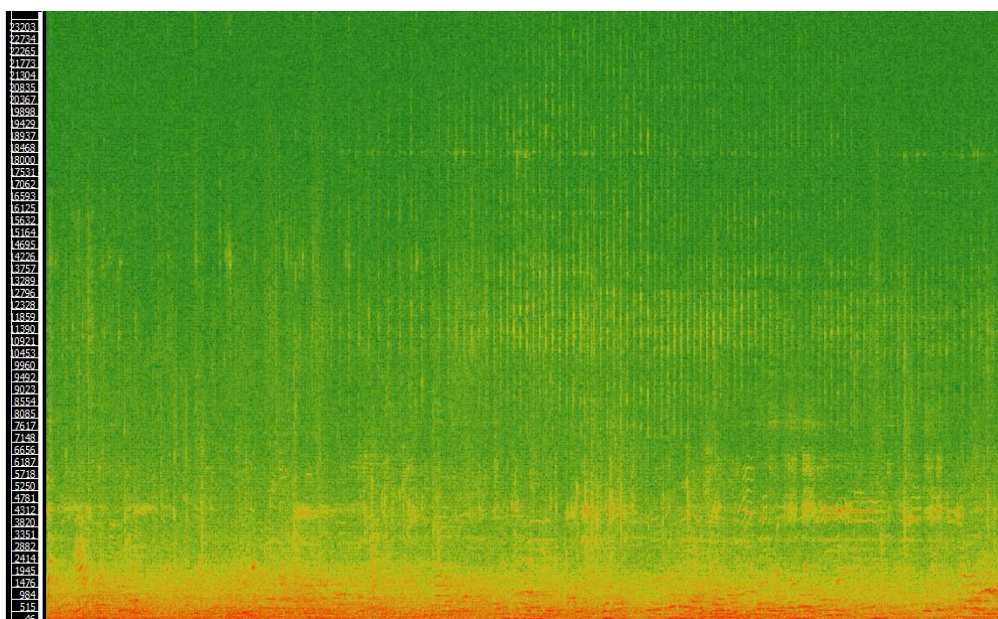


Figura 2.7. Espectrograma de una señal de audio con una resolución de 1024 puntos. En el eje horizontal se encuentra el tiempo y en el vertical las frecuencias. Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE SONORO

Murray Schafer invitó a escuchar el mundo como si fuera una gran composición musical, donde se puede participar activamente en su ejecución ya sea para mejorarla o destruirla.

El ser humanos y todas las especies viven inmersos en sonidos, los cuales provienen de diferentes fuentes con sus diversas tonalidades y volúmenes, haciendo que un lugar suene de manera peculiar y diferente a cualquier otro. El oído llega a lugares donde la vista no alcanza. Con ayuda de los parpados se puede dejar de ver a voluntad, pero se carece de un parpado auditivo. Mientras los ojos descansan los oídos permanecen en vigilia siendo el cerebro el que selecciona y discrimina los sonidos provenientes del medio. A todo ese entorno de sonidos que se percibe es lo que se denomina “paisaje sonoro”.

Por tanto el paisaje sonoro es el ambiente acústico de un lugar, como percibido por personas, cuyo carácter es el resultado de la acción e interacción de factores naturales y / o humanos.

Hay que diferenciar el paisaje sonoro con entorno acústico, ya que el primero se refiere a un modelo perceptivo, y el segundo a un fenómeno físico, mientras que ambos se ven afectados por el contexto.

La terminología del paisaje sonoro abarca varias áreas y formas como por ejemplo: la grabación de los sonidos de la naturaleza; La creación de composiciones basadas en, o de, sonidos naturales; Estudios de los sonidos que se escuchan en las aldeas y en los ambientes rurales; Documentación de la desaparición de sonidos; Análisis de la manera en que los ambientes acústicos han sido descritos en la historia y en la literatura; Análisis y descripción de todo tipo de entornos acústicos; Y la creación de instalaciones de sonidos artísticos.

La ecología del paisaje sonoro encuentra importantes aplicaciones en la evaluación de la calidad ambiental de los parques y áreas protegidas, en el planeamiento y diseño urbano, en etología y antropología, y finalmente en el monitoreo a largo plazo de los efectos de los cambios climáticos.

La dimensión estética de la sostenibilidad está en gran medida representada por la calidad del entorno sonoro en contextos urbanos, rurales y salvajes.

El interés en el paisaje sonoro, en su primer comienzo considerado una peculiaridad sólo de músicos, pertenece a muchas categorías de académicos, profesionales y tomadores de decisiones que van desde psicólogos, ingenieros, médicos, arquitectos, diseñadores y sociólogos hasta biólogos y ecologistas.

El paisaje sonoro es un contexto acústico pero también un ámbito cultural que contribuye en gran medida a definir las características de una región, la cultura del pueblo y, en general, el patrimonio cultural. Los estrictos y continuos contactos entre el sonido y el medio ambiente hacen hincapié en la importancia de este contexto sonoro, en la configuración del uso y las tradiciones y en

reforzar el sentido del lugar y todos los otros temas relacionados con la cultura humana y el patrimonio.

3.1. FIGURA Y FONDO

El concepto de figura – fondo es una ley de la psicología de la forma formulada por Mex Wertheimer de la Gestalt¹⁸. El postulado plantea la tendencia en la percepción a subdividir la totalidad de un campo perceptual en zonas.

Los sonidos de primer plano (Figura 3.1) y de fondo se refieren a la posición de una fuente de sonido. El primer plano es un evento acústico cercano al observador que puede crear una reacción inmediata en el oyente y representa una señal de información urgente.

Los sonidos de fondo, que pueden usarse como señales, se refieren a una cantidad indistinta de sonidos de baja frecuencia que resulta de la mezcla de varias fuentes de sonido individuales degradadas por la distancia.

El campo hace referencia al lugar donde se produce la observación.

Que un sonido sea figura o fondo está en parte relacionado con la cultura; en parte, con el estado de ánimo y en parte, con la relación del individuo con el entorno. Nada tiene que ver con las dimensiones físicas del sonido.¹⁹

Incluso los sonidos más insignificantes serán percibidos como figuras cuando sean novedosos o cuando los escuche un extraño. Por ejemplo la primera vez que una persona visita una gran ciudad el sonido del tráfico y el ajetreo de la ciudad lo percibe como algo nuevo y constante, mientras que para las personas que habitan en ella, los mismos sonidos pasan desapercibidos.

¹⁸ La psicología de la Gestalt es la psicología de la forma o de la configuración, surgió en Alemania a principios del siglo XX. <http://definicion.de/gestalt/>

¹⁹ Murray Schafer, *The tuning of the world*, Nueva York p.214 - 215

Los términos figura, fondo y campo proporcionan un marco para organizar la experiencia. Son el producto de una serie de hábitos culturales y perceptivos en los que la experiencia tiende a organizarse en perspectiva con el primer plano, el segundo plano y el horizonte remoto.

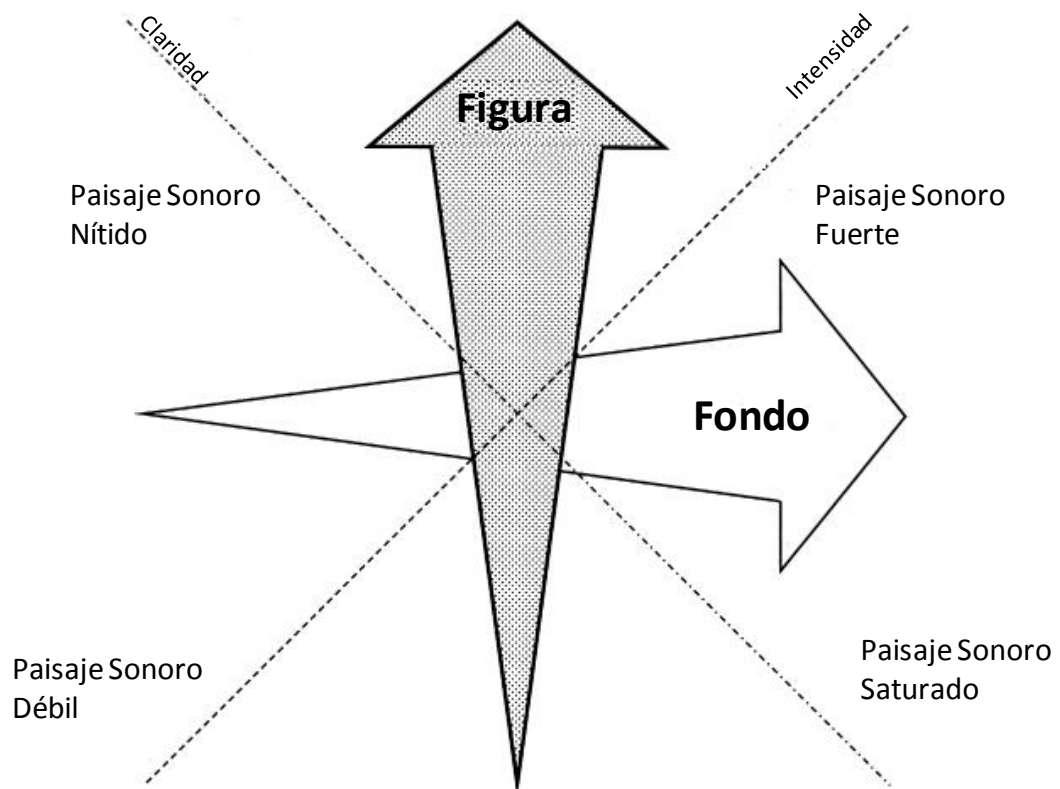


Figura 3.1. Relación entre figura – fondo y dimensiones asociadas. Fuente: Hedfords, (2003).

El sonido de fondo (también llamado sonido ambiente) tiende a ser más silencioso, más fácil de ignorar, más continuo, menos variable, más amplio en espectro; El sonido de primer plano tiende a ser más alto, más intrusivo, compuesto de eventos reconocibles, cambiables, localizados en frecuencias particulares. Por ejemplo, en un restaurante, el sonido de fondo podría incluir a otros clientes hablando, el ruido de los cubiertos y la música de fondo de bajo

nivel; El sonido de primer plano podría ser nuestro compañero o un camarero que nos habla y el sonido de nuestros propios cubiertos y vajilla.

3.2. ALTA Y BAJA FIDELIDAD

Los ambientes acústicos se diferencian como Hi-Fi (alta fidelidad) y Lo-Fi (baja fidelidad).

En el primer caso se tiene un paisaje sonoro en el que cada componente se oye claramente sin efectos significativos de enmascaramiento²⁰. Los sonidos se escuchan con claridad, se diferencian los planos sonoros. Hay una mayor perspectiva entre figura y fondo. Por el contrario, en el segundo caso, la superposición es tan importante que los sonidos individuales se distinguen con dificultad.

Estas dos características no están necesariamente asociadas con el ruido o la contaminación acústica. Por ejemplo en un arroyo, el sonido del agua que fluye reduce la capacidad de distinguir el canto de las aves. Al mismo tiempo, durante el coro del amanecer de una comunidad de aves es difícil distinguir las especies individuales.

Un paisaje sonoro hi-fi puede caracterizarse por la falta de enmascaramiento entre ruido y otros sonidos, con el resultado de que todos los sonidos (de todas las frecuencias) pueden diferenciarse. La falta de enmascaramiento facilita la propagación de la coloración acústica causada por ecos y reverberaciones que ocurren en la medida en que el sonido se absorbe y se refleja en las superficies del entorno, y debido a efectos relacionados con factores climáticos, como la temperatura, viento y humedad. La coloración resultante

²⁰ El enmascaramiento consiste en tapar un sonido débil con otro más potente cuando están a frecuencias diferentes y vibran simultáneamente.

ofrece información significativa al oyente, proporciona conclusiones sobre la naturaleza física del medio ambiente y expresa su tamaño en relación al oyente.

Esto suministra a los individuos un sentido de pertenencia, a medida que se mueven en la comunidad. Barry Truax afirma '*...el sonido que llega al oído es análogo al estado del medio ambiente físico, porque mientras la onda se desplaza, se va cargando con cada interacción con el medio ambiente.*'²¹

Otra característica del paisaje sonoro hi-fi es que el horizonte acústico se puede extender por muchos kilómetros. Es decir, los sonidos que provienen de la propia comunidad del oyente pueden escucharse a gran distancia, reforzando el sentido de espacio y localización y manteniendo la relación con el hogar. Este sentido se refuerza aún más cuando es posible escuchar sonidos que provienen de poblaciones adyacentes, estableciendo y manteniendo relaciones entre comunidades locales.

En el paisaje sonoro lo-fi, los sonidos con significado pueden ser enmascarados de manera tal que se produzca una reducción del espacio auditivo de los individuos. En aquellos casos en el que el efecto es tan pronunciado que un individuo no puede escuchar más los sonidos reflejados de su propio movimiento o voz, el espacio auditivo se reduce efectivamente hasta encerrar al individuo, aislando al oyente del medio ambiente. Si el enmascaramiento de los sonidos reflejados o directos es tan severo que un individuo no puede escuchar sus propios pasos la información acústica se transforma en la anti- información: ruido.

El paisaje sonoro hi-fi es un equilibrio entre nivel, espectro y ritmo, el paisaje sonoro lo-fi se caracteriza por un nivel casi constante. Lo que produce una pared sonora²² que aísla al oyente del medio ambiente. A nivel espectral, el paisaje sonoro lo-fi contemporáneo se desvía hacia el rango de bajas frecuencias

²¹ Barry Truax, *Acoustic communication*, Nueva York, p.44

²² Véase 1.7 de este documento.

(sonidos de motores y la corriente eléctrica). Debido a la existencia de una sociedad de veinticuatro horas, los ritmos de la rutina diaria se han erosionado en forma significativa en muchas localidades.

3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SONIDOS

Para el análisis del paisaje sonoro lo primero que hay que hacer es descubrir las características significativas de dicho paisaje, es decir esos sonidos que son importantes ya sea por su individualidad o su dominación. Estos sonidos pueden ser:

- **Tonalidad** o **keynote**. Es un término musical que identifica la tonalidad de la pieza aunque no sea audible. Influyen en el comportamiento y temperamento de las personas al escucharlos aunque sea de forma inconsciente. Estos sonidos lo forman la naturaleza, dependiendo de la situación geográfica, y el clima, como el viento, el agua, los pájaros y los animales. En las áreas urbanas lo conforman las sirenas, los coches.

- **Marca sonora** o **soundmark**. Son los sonidos característicos de un lugar específico, aquellos que adquieren un valor simbólico o afectivo. Constituyen la huella sonora que hacen única la vida acústica de cada lugar.

- **Señales sonoras.** Son los sonidos que se encuentran en primer término y se escuchan de forma esporádica y consciente, como por ejemplo las sirenas de la ambulancia y la policía en un área urbana.

3.4. APROXIMACIÓN PSICOLÓGICA A LA INTERPRETACIÓN DEL PAISAJE SONORO

La psicoacústica abarca un campo importante de las diferentes dimensiones involucradas en el proceso de evaluación del ruido ambiental. Describe los mecanismos de percepción del sonido en términos de varios parámetros, tales como sonoridad, nitidez, rugosidad y fuerza de fluctuación, así como parámetros relacionados con el sonido adicional. El paisaje sonoro se utiliza como la superposición compleja de recursos naturales, humanos y técnicos y su percepción. Los paisajes sonoros consisten en una serie de fuentes de sonido espacialmente distribuidas, que dan a los paisajes sonoros sus características distintivas. El ruido emitido de cada fuente puede medirse y analizarse en función de varios parámetros.

Sin embargo, la molestia debida a determinadas fuentes de sonido individuales no puede transferirse a la molestia general de un paisaje sonoro completo y complejo que contiene el ruido de diferentes fuentes de sonido.

Las encuestas han documentado que la espacialidad desempeña un papel importante para las reacciones fisiológicas y la molestia. En el contexto de ruidos industriales, un estudio investigó la influencia de la dirección de la incidencia sonora (unidireccional, multidireccional) sobre las reacciones fisiológicas y la evaluación de la sonoridad. Se pudo observar que la reacción a la situación multidireccional fue mayor que la reacción a la situación unidireccional, aunque

ambas situaciones de ruido produjeron el mismo SPL en la posición del oyente²³. Por lo tanto, la distribución espacial de las fuentes de sonido, así como la dirección y la velocidad de cualquier movimiento de estas fuentes puede ser relevante para la percepción y evaluación del ruido ambiental.

De hecho, la determinación de la molestia de ruido causada por situaciones sonoras complejas que surgen de la superposición de los sonidos emitidos por varias fuentes es muy complicada y tiene que considerarse el procesamiento auditivo del oído humano.

El hecho de que la molestia resultante del entorno sonoro del oyente también dependa de la actitud personal del oyente, aumenta aún más la complejidad del enfoque del paisaje sonoro, que tiene que integrar aspectos importantes como la situación física, la experiencia y la interpretación del medio ambiente en un amplio concepto.

Incluso la información visual de la ubicación afecta a la evaluación del ruido. Así el estudio llevado a cabo por Watts²⁴ demostró que la percepción de ruido era mayor cuando la fuente de ruido estaba a la vista. Este experimento prueba cómo el efecto psicológico de las señales visuales reduce el efecto de la exposición acústica. Cuando se sometió una barrera metálica a un nivel de ruido frente a una barrera de arbustos de sauce, no se encontraron diferencias en la reducción del ruido entre los dos tipos de barreras.

Con el fin de capturar las dificultades mencionadas con respecto a la sensación humana y la evaluación del ruido ambiental, debe considerarse la transformación de un evento sonoro (la situación física) en el evento sonoro percibido. Esta transformación está influenciada por diferentes aspectos: en primer lugar, el aspecto físico; En segundo lugar, el aspecto psicoacústico: los

²³Klaus Genuilt, André Fiebig, et. al. (2006), *Psychoacoustics and its Benefit for the Soundscape Approach*.

²⁴G.R. Wattss, Rob Pheasant, Kriill V, Horoshenkov, Laura Ragonesi, et. al. (2009), *Measurement and Subjective Assessment of Water Generated Sounds*.

sonidos de los procesos auditivos humanos dependen de la estructura temporal y distribución de frecuencias. Y en tercer lugar, el aspecto psicológico, incluyendo el contexto, el tipo de información, la expectativa individual y la actitud hacia el sonido.

Por lo tanto es necesario un enfoque multidimensional para estudiar el paisaje sonoro y poder tener una apreciación total del entorno acústico.

3.5. TIPOS DE PAISAJE SONORO

En el estudio del paisaje sonoro se distinguen tres tipos dependiendo de sus características. Estos son el paisaje sonoro natural, urbano y rural.

3.5.1. Paisaje sonoro natural

El paisaje sonoro natural está constituido básicamente por sonidos biofónicos y geofónicos. Estos sonidos son elementos intrínsecos del medio ambiente que a menudo se asocian con el hábitat natural. Sin duda son componentes inherentes del paisaje, de los objetos naturales y de la vida salvaje. Constituyen un indicador de la salud de los diversos ecosistemas presentes en un área natural.

Los aspectos sonoros del paisaje son importantes para entender la comunicación animal en la perspectiva de la conservación natural.

La mayoría de las especies se ven afectadas directamente por los cambios climáticos, lo que confirma la importancia del ambiente sonoro como indicador de los cambios en los ecosistemas.

Así el equipo de trabajo de Schafer, después de horas de grabación, notó que el nivel de los sonidos en este tipo de ambientes, variaba en forma de ciclos repetitivos. El equipo elaboró un diagrama rudimentario de nivel sonoro en

3. CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE SONORO

función del tiempo, determinando las características acústicas más prominentes del paisaje sonoro en un periodo de tiempo de más de doce meses.

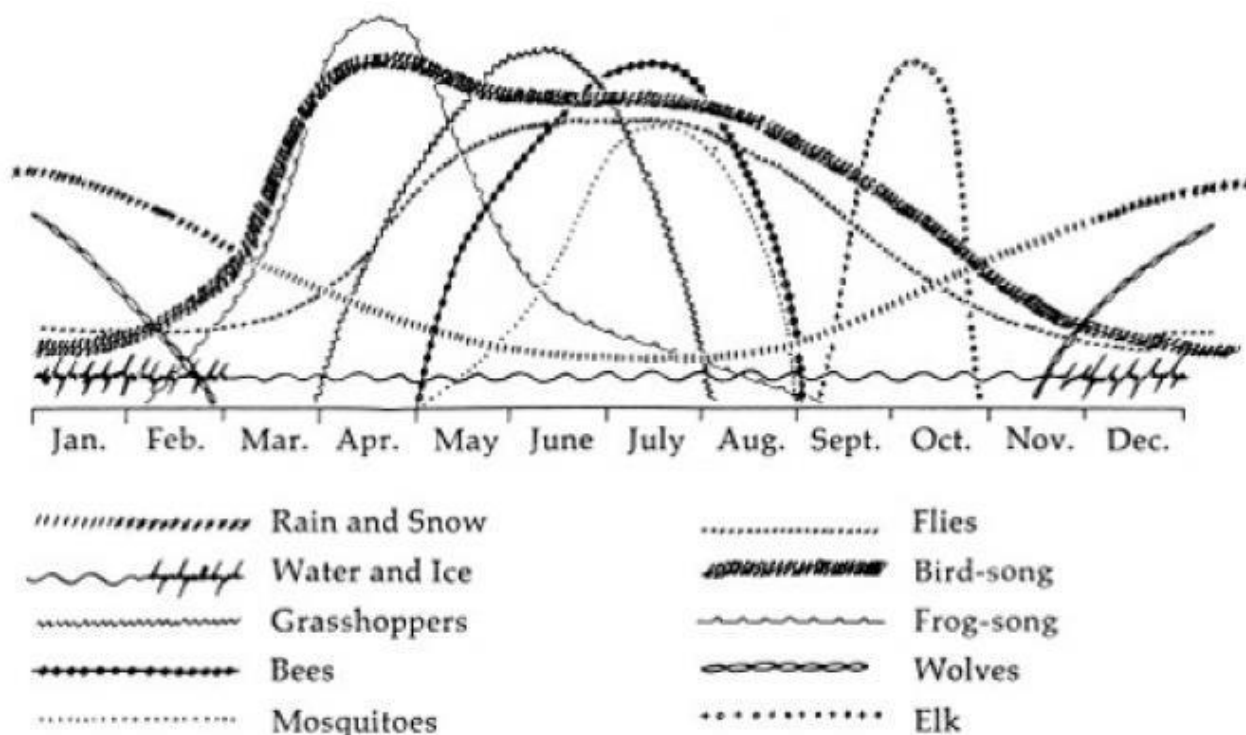


Figura 3.2. Los ciclos del paisaje sonoro natural de la Columbia Británica. Fuente: Schafer, p.142

Schafer concluyó que el intercambio oral entre las especies (Figura 3.2) constituye una característica de los paisajes naturales.

Bernie Krause²⁵ explica que existe un balance manifiesto a lo largo del espectro de audio. La posibilidad de que exista un balance natural espectral se le ocurrió a Krause durante sus largas estadías en ambientes salvajes intentando grabar vocalizaciones de ciertas especies animales. Al escuchar atentamente el paisaje sonoro, notó que: “*cuando un pájaro canta o un mamífero o un anfibio*

²⁵ Bernie Krause es un músico y ecologista americano. Quien fundo *Wild Sanctuary* para la grabación y recopilación de los paisajes sonoros naturales.

*emiten sonidos, parece que las voces encajaran en relación a todos los demás sonidos naturales, en términos de frecuencia y ritmo.”*²⁶

Los mapas espectrográficos mostraron que las vocalizaciones de animales e insectos tienden a ocupar pequeñas bandas de frecuencias dejando “nichos espectrales” (bandas de poca o ninguna energía), entre los cuales pueden encajar las vocalizaciones de otros animales, pájaros o insectos.

En la medida en que las áreas urbanas van creciendo, Krause sugiere que el ruido que las acompaña puede bloquear o enmascarar los nichos espectrales y, al no poder escuchar los llamados de las posibles parejas, puede derivar en la desaparición de alguna especie.

Hoy en día hay infinidad de estudios que confirman las teorías de Krause y Schafer en cuanto al intercambio entre especies y como afectan los sonidos del paisaje natural a dichas especies en cualquier medio. Ya sea el estudio de parques naturales, bosques, selvas, lechos marinos, arrecifes, etc.

La información del sonido en estos lugares da una noción y una clara determinación del estado del medio ambiente, la clasificación de especies e identificación de interespecies por los sonidos vocales.

3.5.2. Paisaje sonoro rural

En este tipo de paisajes también predominan los sonidos de la naturaleza, pero estos conviven con sonidos antropofónicos típicos de la vida del campo.

Se define así un horizonte acústico, pues las señales quedan mucho menos enmascaradas que en la ciudad lo que permite la penetración de señales sonoras procedentes de áreas más o menos lejanas.

²⁶ Bernie Krause, *Notes from the Wild: The Nature Recording Expeditions of Bernie Krause*, 1996, p.159

Al igual que en el mundo animal, se dan unas señales sonoras que expresan diferentes funciones y comportamientos (marcas sonoras).

En un entorno rural la actividad queda registrada a través de los sonidos que expresan los ritmos diarios del pueblo, determinados por sus actividades sociales, culturales y económicas. Algunos sonidos funcionan como señales y otros como fondo sonoro. Todos con unos ritmos diarios.

En resumen, se puede decir que en las zonas rurales los sonidos “conviven” sin enmascararse unos a otros. Se puede apreciar con claridad la actividad humana mediante los sonidos antropofónicos, pero estos no absorben los sonidos propios de la naturaleza. Hay espacio para el silencio, la calma y la tranquilidad.

“...Hasta las diez de la mañana apenas si se dejan sentir las actividades humanas. A partir de dicha hora algunos vecinos empiezan a cruzarse por la calle donde se producen los primeros saludos del día. Mientras que los coches se escuchan esporádicamente los sonidos que dominan el ambiente sonoro del pueblo son las voces y los pasos de los habitantes, acompañados de sonidos de pájaros, animales domésticos, ganado, gallos al amanecer, tractores. Todo ello creando unos ritmos de sonido y silencio, de actividad y reposo.

La señal sonora característica del pueblo estuvo representada siempre por las campanas...pero tal como recuerdan los habitantes de más edad del pueblo, las campanas sonaban hasta hace algunos años en diversos momentos del día definiendo de forma muy concreta el espacio acústico y el tiempo en la comunidad.

Pero todavía, hoy en día, estas campanas de los pueblos vecinos permiten conocer los cambios de tiempo.”²⁷

²⁷ Revista de Flokore num. 138 (1992), *Estudio de un paisaje sonoro rural: el caso de Ureña*.

3.5.3. Paisaje sonoro urbano

En este tipo de entornos predominan los sonidos antropofónicos.

El paisaje sonoro urbano representa un sistema complejo en el que los factores ambientales se comparten con los atributos psicológicos, sociales y culturales de las sociedades vivas. El ruido físico ha sido durante mucho tiempo un componente importante de la calidad de los espacios urbanos, pero una reducción del ruido no genera automáticamente una mayor comodidad.

Estudiar el paisaje sonoro urbano significa investigar al menos en dos direcciones distintas: asumir un oído holístico sin semántica, donde el ruido de fondo es evaluado en términos de molestia sin distinguir los eventos que componen; Y distinguir las diferentes fuentes de sonido / ruido y su clasificación según una categorización detallada después del reconocimiento de sonidos significativos.

Kang y Zhang evaluaron los diferentes sonidos en espacios públicos urbanos abiertos en los que el confort acústico y el ruido desempeñaron un papel importante. En el diseño utilizado para evaluar la calidad del paisaje sonoro los encuestados demostraron una clara preferencia por los sonidos naturales y los espacios verdes, lo que confirmó que el ambiente sonoro es de importancia primordial entre las diferentes condiciones ambientales.²⁸

Las fuentes de ruido urbano parecen ser un tema controvertido para la variedad de sonidos urbanos y para la generación de nuevos sonidos en función de la mejora tecnológica.

Un espacio urbano puede ser analizado bajo cuatro aspectos que definen su configuración general: la ubicación relativa en el contexto urbano, su forma, los límites espaciales y los componentes urbanos que posee.

²⁸ J. Kang, M. Zhang, et al. (2009), *Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces*.

Estos aspectos son condicionantes en la propagación, difusión y absorción del sonido en el espacio.²⁹

3.5.3.1. Parques urbanos

Los parques urbanos son áreas en las que la gente encuentra ventajas físicas y psicológicas. En cada ciudad los espacios verdes se distribuyen según un criterio para ofrecer a los residentes un "pulmón verde" en el que pasar tiempo libre, caminar, conocer gente para fines recreativos y beneficiarse de un ambiente sonoro de alta calidad.

Estos valores (terapéuticos) de los parques urbanos son inherentes a la planificación y realización de parques en las zonas urbanas. Pero si los aspectos visuales de los parques pueden ser fácilmente comprobados, ocurre lo contrario para su entorno sonoro.

La evaluación acústica en áreas verdes dentro de núcleos urbanos es particularmente importante debido al uso extensivo de estas áreas para uso recreativo y terapéutico. A menudo, el ruido del tráfico de las áreas urbanas no está protegido de las áreas verdes y el ruido invade tales áreas, anulando el efecto recreativo esperado.

Por ejemplo en un estudio realizado en cuatro parques en una ciudad de Brasil, más del 65% de los puntos muestreados tuvieron un nivel de sonido por encima de los 55 dBA (límite local fijado por la ley municipal). Una entrevista a la población demostró la importancia de los componentes estéticos del paisaje para mitigar el efecto negativo del ruido.³⁰

En un paisaje dominado por los humanos, especialmente la combinación de señales visuales y acústicas crea un espacio informativo que puede ser útil

²⁹ Lei Yu, Jian Kang, et. al. (2008), *Effects of social, demographical and behavioral factors on the sound level evaluation in urban open spaces.*

³⁰ Bani Szeremeta, Paulo Henrique Trombetta Zannin, et. Al. (2009), *Analysis and evaluation of soundscapes in public parks thorough interviews and measurement noise.*

para gestionar y reducir el ruido antropogénico, puede mejorar la calidad del paisaje sonoro, puede explicar mejor la relación entre el sonido y el comportamiento humano. Mejorar la eficacia de la planificación y el diseño de las zonas rurales y urbanas y de los parques naturales y ofrecer nuevos instrumentos audiovisuales para la concienciación del público y la educación ambiental.

Los sonidos naturales se consideran positivos y contribuyen a la apreciación de entornos naturales y artificiales. Algunos sonidos naturales como el agua contribuyen a mejorar la apreciación de los espacios naturales y artificiales. Es bien sabido que el agua y las canciones de los pájaros son sonidos que producen relajación en los humanos más que los sonidos humanos, como se ha demostrado fisiológicamente midiendo la frecuencia cardíaca, la conductancia de la piel y las respuestas electromiográficas.

3. CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE SONORO

	Desagradable	Agradable	Raro
	Agudo, penetrante, fuerte y continuo, irregular e intermitente.	Sonido regular que evoca recuerdos personales, entretenimiento.	Inesperado, desconocido, extraño.
Sonido de fondo (Background)	Ruido urbano	Combinación de varios sonidos simultáneos.	Remoto, no identificado con claridad.
Maquinaria	Ruido de carreteras, ferrocarriles, aéreo. Equipos en grandes plantas industriales y ruido de obras.	Pequeñas plantas industriales	Sirenas de alarma, frenado brusco.
Actividad Humana	Campanas, sirenas, comercio, ruido del hogar (aspirador, taladro).	Pequeña actividad económica (talleres, mercados), celebraciones, fiestas estatales y religiosas, entretenimiento.	Timbre de puerta, alarma, petardos.
Naturaleza	Tormenta, truenos, viento, crujidos	Pájaros, lluvia.	Craqueo, implosión, caída.
Presencia humana	Vecinos	Juegos, niños.	Gritos
Discurso y comunicación	Sonidos del cuerpo humano	Voz, música.	Discusión.

Figura 3.3. Clasificación de los sonidos urbanos según A. Leobon (1995). Fuente: Lebiedowska (2007)

3.6. EL OBJETO SONORO

El investigador Pierre Schaeffer definió el objeto sonoro como un objeto acústico para la percepción humana y no como un objeto matemático o electroacústico para la síntesis. Es la partícula más pequeña del paisaje sonoro, ya que posee un principio un medio y un final, es analizable en términos de su envolvente.

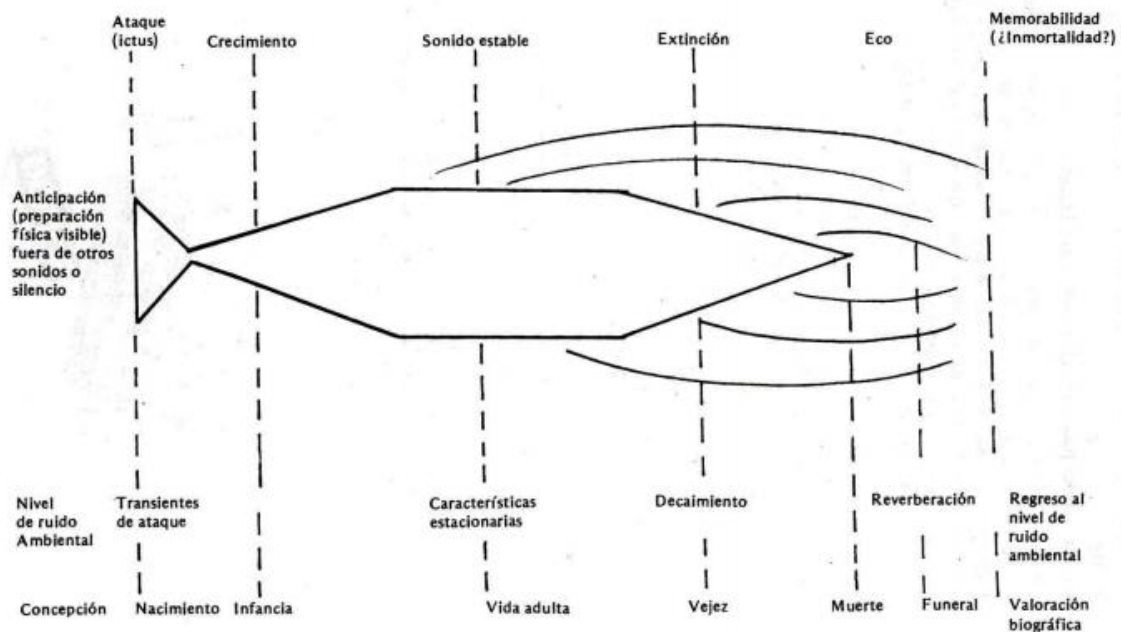


Figura 3.4. El objeto sonoro. Fuente: Shafer (1998), p.62

Los objetos sonoros pueden diferir de numerosas maneras a través de variaciones en la frecuencia (altura), intensidad (volumen), duración y timbre (color).

Como se puede comprobar en la Figura 3.4 y en la Figura 3.5, la envolvente queda definida por:

- El ataque, es la parte de inicio del objeto. Cuando un sistema se excita repentinamente, se produce un enriquecimiento del espectro, dando un borde áspero o disonante al sonido. Por lo tanto, cada ataque de sonido se acompaña de ruido, y cuanto más de repente aparece, más ruido este presenta. Hecho que es especialmente significativo en los sistemas electroacústicos con sus breves tiempos de conexión. Cuando un sonido se desarrolla más lentamente, menos de esta excitación espectral repentina

3. CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE SONORO

está presente. De hecho, como demostraron Schaeffer y sus colegas³¹, cuando las porciones de ataque de ciertos sonidos son amputados, pueden llegar a ser totalmente ininteligibles o pueden confundirse con otros (un piano puede sonar como una flauta o un fagot como un violonchelo).

- Cuerpo, es la parte media del objeto sonoro. Se llama parte estacionaria. Algunos sonidos como campanas, gongs, pianos e instrumentos de percusión no tienen cuerpo, sólo poseen ataque y decadencia. Otros sonidos como el del aire acondicionado permanecen exclusivamente en el estado intermedio o estacionario. No mueren, esta condición artificial fue iniciada por las fábricas del siglo XIX y extendida por la Revolución Eléctrica a todos los rincones de la vida moderna.
- Decaimiento, la energía de un sonido se debilita. Se marchita y muere. Hay decaimientos rápidos y lentos.

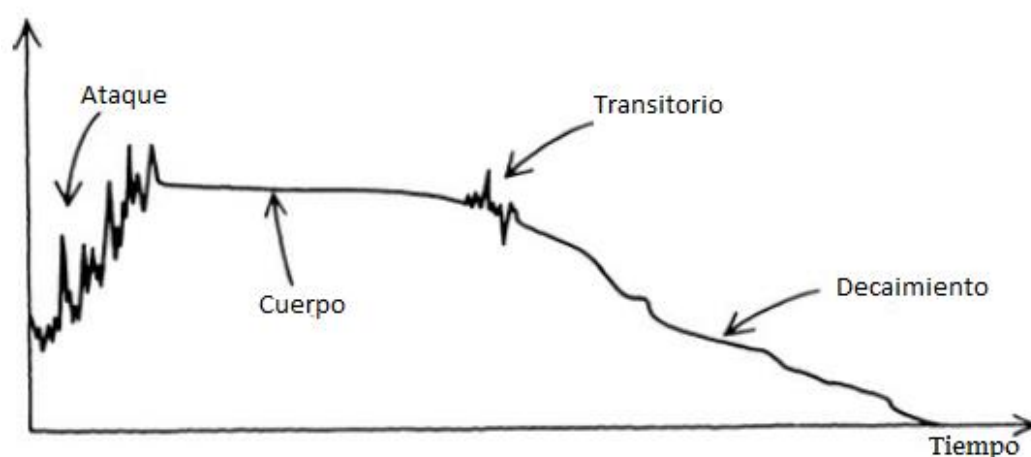


Figura 3.5. Envolvente de sonido de un objeto sonoro. Fuente: Schafer (1977), p.185

³¹ Pierre Schaeffer, (1966), *Traité des objets musicaux*. Paris.

Aunque el objeto sonoro puede ser subdividido para los propósitos de análisis y entrenamiento auditivo, tiene que ser considerado siempre integralmente. Pierre Schaeffer excluye todas las consideraciones del objeto sonoro en cualquier término físico y psicofísico. No quiere confundir el estudio de los sonidos considerando sus aspectos semánticos o referenciales. Que un sonido de campana viene de una campana no le interesa. Para él sólo es una formación de sonido fenomenológica.

El Trabajo de Pierre Schaeffer debe ser entendido, entre otras cosas, como una herramienta para enriquecer la percepción sonora.

Por el contrario, Murray Schafer hace una distinción para el análisis del sonido, llama *evento sonoro*, a los sonidos individuales, a los símbolos (las marcas sonoras), para evitar la confusión con los objetos sonoros, que son especímenes de laboratorio.

Así la definición de evento para Schafer es algo que ocurre en cierto lugar durante un determinado intervalo de tiempo, es decir el contexto está implícito. Por lo tanto, el mismo sonido, por ejemplo una campana de iglesia, podría ser considerado como un objeto sonoro si se registra y analiza en el laboratorio, o como un evento sonoro si se identifica y estudia en la comunidad.

*“El paisaje sonoro es un campo de interacciones, incluso cuando se particulariza en sus eventos sonoros. Determinar la manera en que los sonidos afectan y cambian mutuamente (y nosotros) en situaciones de campo es una tarea inconmensurablemente más difícil que cortar sonidos individuales en un laboratorio, pero este es el tema más importante y novedoso que recae ahora en el investigador de paisajes sonoros.”*³²

³²Schafer (1977), p.183

Los sonidos son siempre de naturaleza compleja, no existen sonidos puros salvo los generados electrónicamente: ondas senoidales e interferencias.

3.6.1. Tipología de los objetos sonoros

Schaeffer denominó “Tipología” al trabajo de identificación y clasificación de los sonidos.

3.6.1.1. Masa

La masa se relaciona con la frecuencia. Mientras que algunos sonidos consisten en frecuencias claramente definidas o altas, otros consisten en frecuencias enredadas. Como el ruido de banda ancha del tráfico, de una bandada de pájaros o del martilleo del oleaje.

En algunas ocasiones, el sonido ocupará una banda de frecuencia bastante estrecha y en otras, una ancha.

En la masa de un sonido es donde yace su volumen. Se corresponde con el ancho de banda dominante de un sonido. De hecho, tanto la masa como la frecuencia a menudo están presentes en sonidos medioambientales y pueden a veces ocupar posiciones independientes en el espectro, como sería el caso de un sonido consistente simultáneamente en pulsaciones graves y agudas.

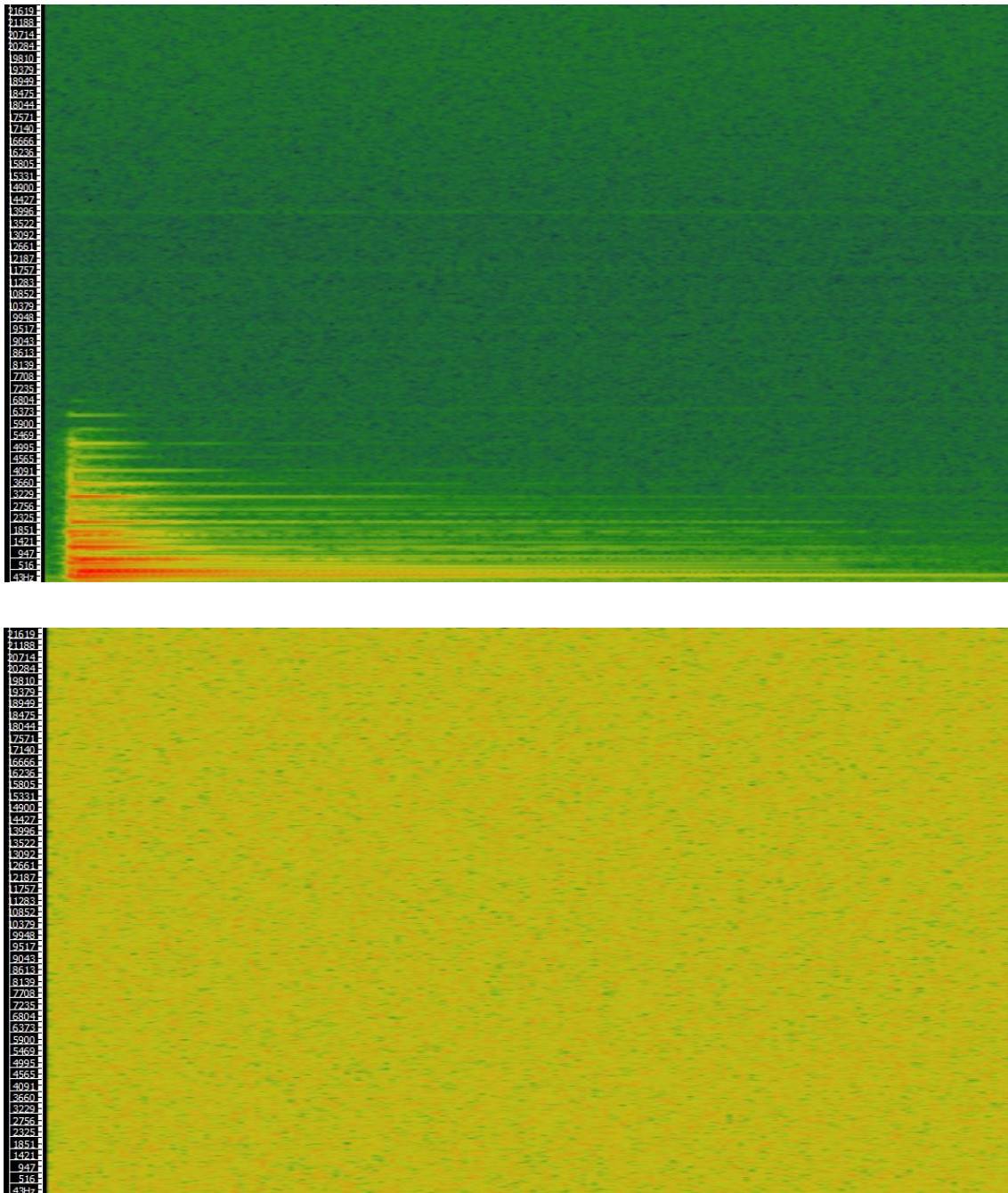


Figura 3.6. Espectrograma de la nota de un piano (arriba), espectrograma de un ruido blanco (abajo). En el eje vertical se encuentran las frecuencias y el horizontal es el eje del tiempo. Fuente: elaboración propia.

La masa puede ser poca, sonidos con centro tonal reconocible (instrumento musical) o mucha, el ruido, todas las frecuencias ocupadas. Figura 3.6.

Por tanto la masa es la proporción de frecuencias graves y agudas que constituyen el sonido.

3.6.1.2. Timbre armónico

El timbre armónico es la percepción específica de los armónicos que rodean al sonido.

Serie armónica es, en música, sucesión de los sonidos cuyas frecuencias son múltiplos enteros positivos de una nota base, llamada fundamental.

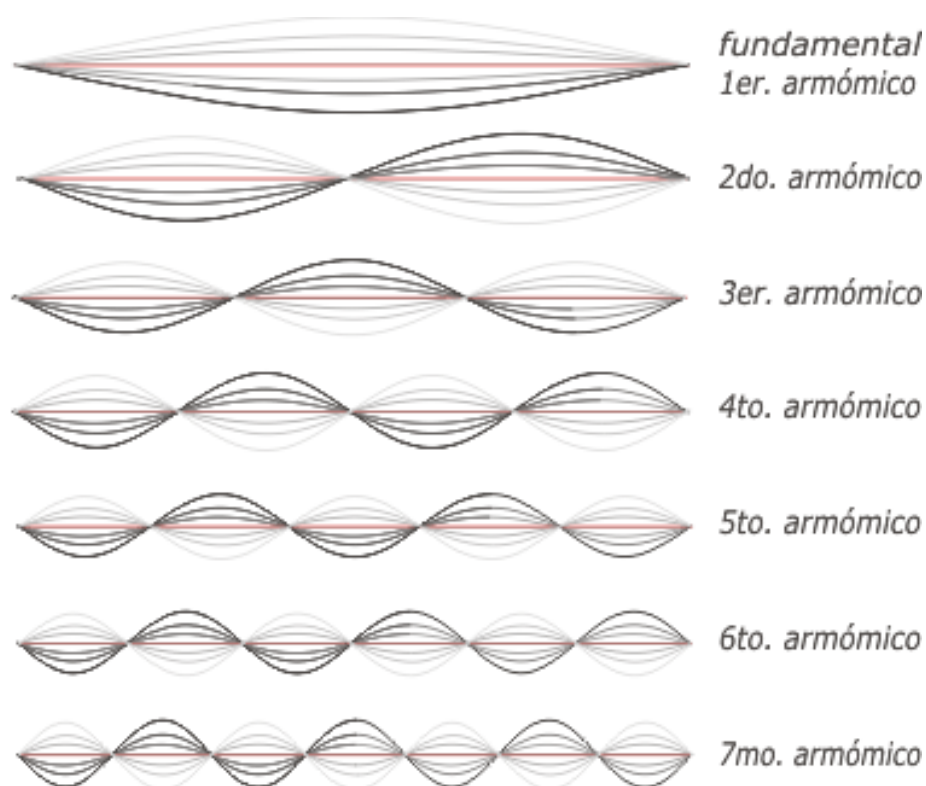


Figura 3.7. Vibración fraccionada de una cuerda, origen de la serie armónica.

Fuente: <https://ricuti.com.ar>

En los sonidos provenientes de instrumentos musicales, el timbre armónico corresponde al espectro de ese sonido. El espectro armónico no es en general el principal factor de reconocimiento de timbre instrumental. El timbre armónico es una cualidad de la materia sonora anexa a la masa. En los sonidos tónicos (un solo sonido, un instrumento tradicional) se puede distinguir muy bien un criterio de otro. En los sonidos complejos no es tan sencillo separar el timbre armónico de la masa.

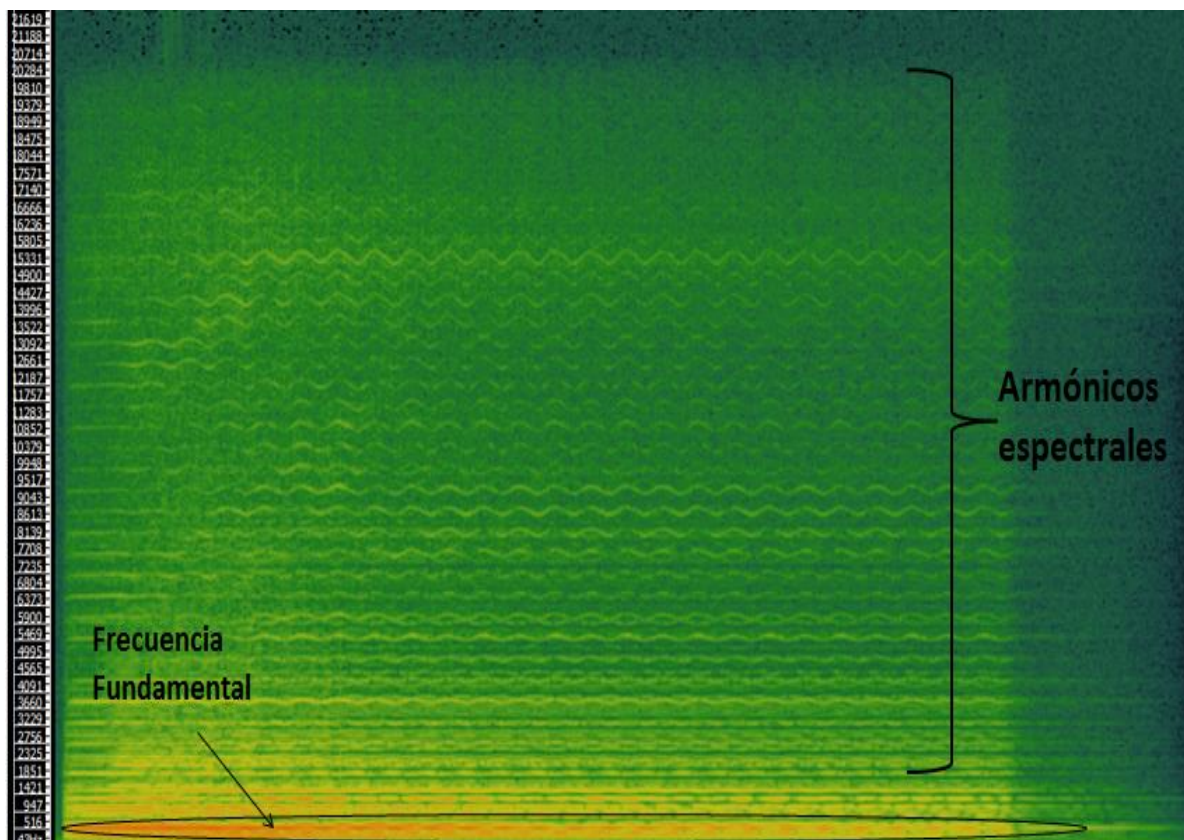
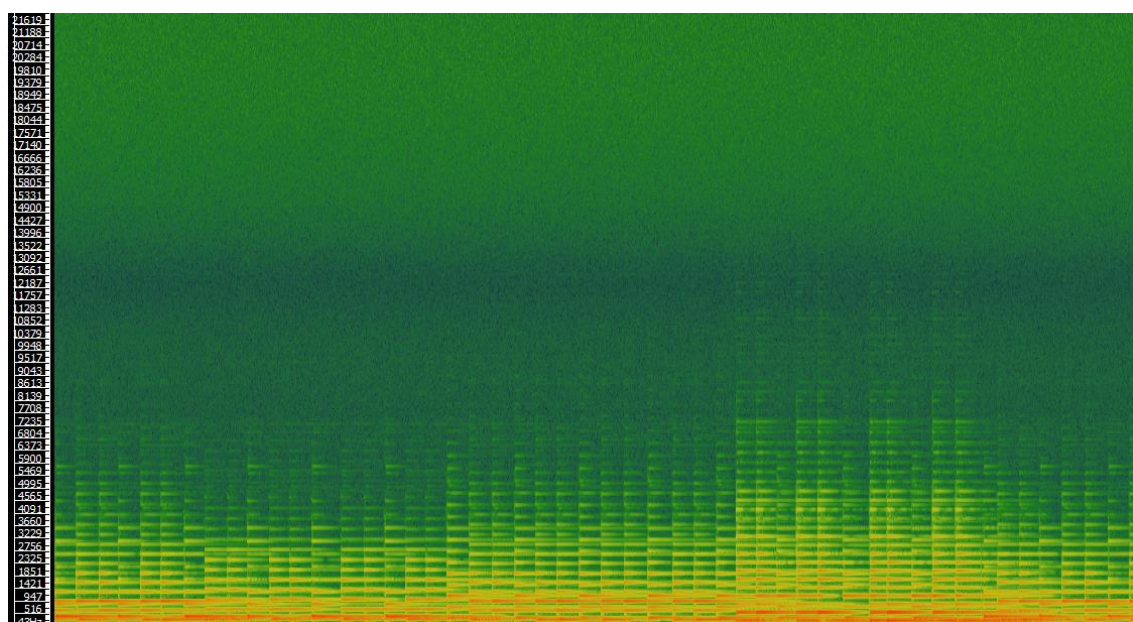


Figura 3.8. Espectrograma de un violín donde se pueden apreciar los armónicos y la frecuencia fundamental. Eje horizontal, tiempo; eje vertical, frecuencias. Fuente: elaboración propia.

3.6.1.3. Grano

Es un tipo especial de fluctuación interna caracterizada por una modulación regular. Otorga textura, vuelve áspera la superficie del sonido y sus efectos son el tremolo (amplitud modulada) o el vibrato (frecuencia modulada). El tempo de estas modulaciones puede variar desde vibraciones lentas a otras que pueden alcanzar entre 16 y 20 pulsaciones por segundo, caso en el que desaparecerá su efecto granulado.

Un sonido puede ser de baja granularidad cuando la frecuencia no varía (raya roja horizontal). O de alta granularidad, internamente las frecuencias varían constantemente en el tiempo. Figura 3.9



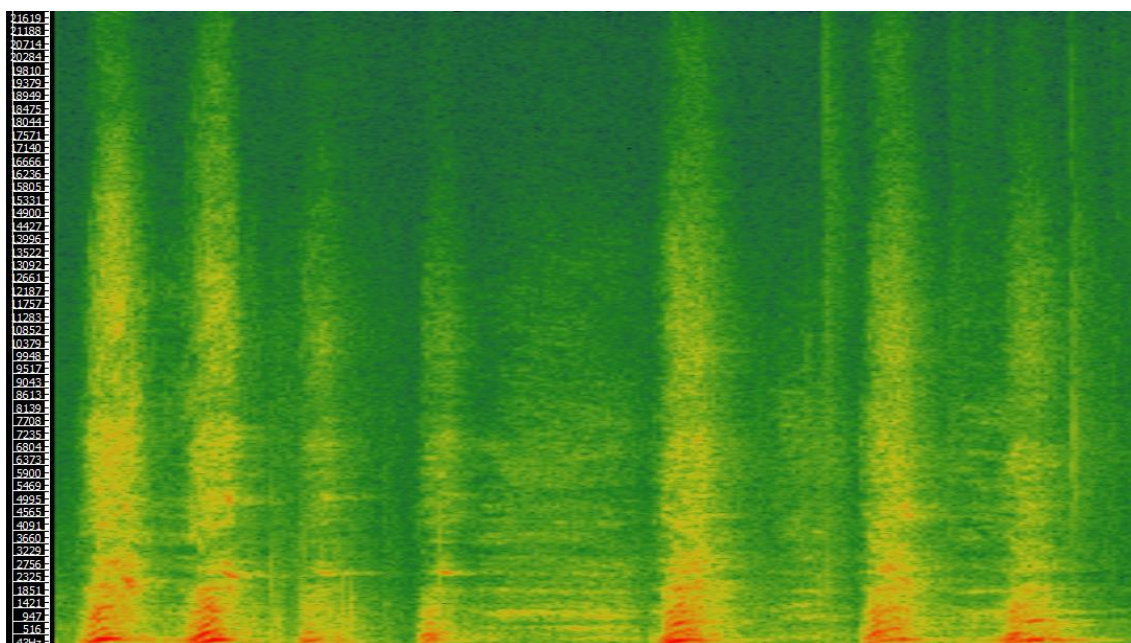


Figura 3.9. Espectrogramas de una canción tocada al piano (izquierda) y del ladrido de un perro (derecha). Fuente: elaboración propia.

3.6.1.4. Dinamismo

Tiene que ver con la intensidad. Indica el modo en que un sonido evoluciona en intensidad en el transcurso de su duración.

Representa la variación de la intensidad del desarrollo de un sonido en un objeto sonoro.

El dibujo que resulta de las variaciones de intensidad del desarrollo del sonido, es en gran medida independiente de las condiciones de escucha. Es lo que permite reconocer el timbre de un instrumento en una grabación o en una retransmisión radiofónica, sea cual sea el volumen sonoro elegido.³³ La percepción de la dureza del ataque está en relación a la pendiente de disminución dinámica.

³³ Michel Chion, (1999), *Música, cine y literatura*, p.319, Barcelona.

3.6.1.5. Perfil melódico

Este criterio da cuenta de aquellos sonidos en los cuales la masa varía su tesitura.

Estas variaciones pueden ser discontinuas o continuas. Por ejemplo un sonido que este siempre presente a lo largo del tiempo será continuo, como puede ser el ruido eléctrico o de maquinaria. A su vez los sonidos discontinuos pueden ser rítmico, como el sonido de una campana (desaparece a lo largo del tiempo pero tiene ritmo en las campanadas) y aleatorio, como el sonido de la bocina de un coche.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

Como se ha visto hasta ahora la evaluación del paisaje sonoro es un sistema complejo que relaciona varias disciplinas. En general el paisaje sonoro debe ser medido y evaluado a través de la percepción humana de los respectivos entornos acústicos. Por lo tanto todos los procedimientos de medición, ya sea recogiendo datos físicos o perceptuales, tienen que estar fuertemente relacionados con la forma en que los humanos perciben el ambiente acústico.

Siguiendo esta noción, es deseable realizar grabaciones de entornos acústicos con tecnología binaural que permita volver a experimentar el entorno de una manera acústica exacta y determinar las cantidades acústicas que imitan la sensación auditiva humana. Para describir y analizar las mediciones de ruido adecuadamente, se deben aplicar los parámetros psicoacústicos que cubren varias dimensiones de las sensaciones auditivas básicas.

La percepción sonora requiere una capacidad específica de cada receptor (humanos y animales) que debe ser entrenado. Para ello, las mediciones de la magnitud sonora (por ejemplo, el nivel de presión acústica ponderado A (LA_{eq})) no son suficientes para caracterizar el ambiente sonoro, y hay que considerar otros factores:

- Procedimiento de grabación automática (ARP), se puede utilizar para recopilar información acústica para todas las ocasiones.

- Procedimiento Aural Directo (DAP), es un procedimiento utilizado por los ecologistas para evaluar la riqueza, diversidad y dinámica de los sonidos vocales animales.

- Procedimiento de interpretación auditiva directa (DAIP), es un procedimiento utilizado para la evaluación del paisaje sonoro para uso humano.

- Procedimiento de Entrevistas Públicas (PIP), es un procedimiento psicoacústico para recoger los sentimientos humanos sobre el paisaje sonoro.³⁴

Capturar el sonido físico significa recopilar bajo un formato digital el valor numérico del sonido en un intervalo temporal preciso. En términos de medidas de sonido, se debe distinguir entre:

1. Investigación de la presión sonora. La presión sonora se mide utilizando un medidor de sonido calibrado o un sonómetro que mide el nivel de presión acústica (SPL). Se utiliza para la cuantificación de diferentes tipos de sonidos y ruidos. Especialmente para medir el ruido ambiental e industrial.

2. Investigación espectral. La medida espectral se obtiene grabando sonidos con micrófonos, almacenando los datos en formato digital (memoria externa) y procesando los datos aplicando, por ejemplo, el procedimiento de la transformada de Fourier (Ver apartado DOMINIO TEMPORAL Y FRECUENCIAL2.3 de este libro).

³⁴ Almo Farina, *Soundscape ecology* (2014) p. 221

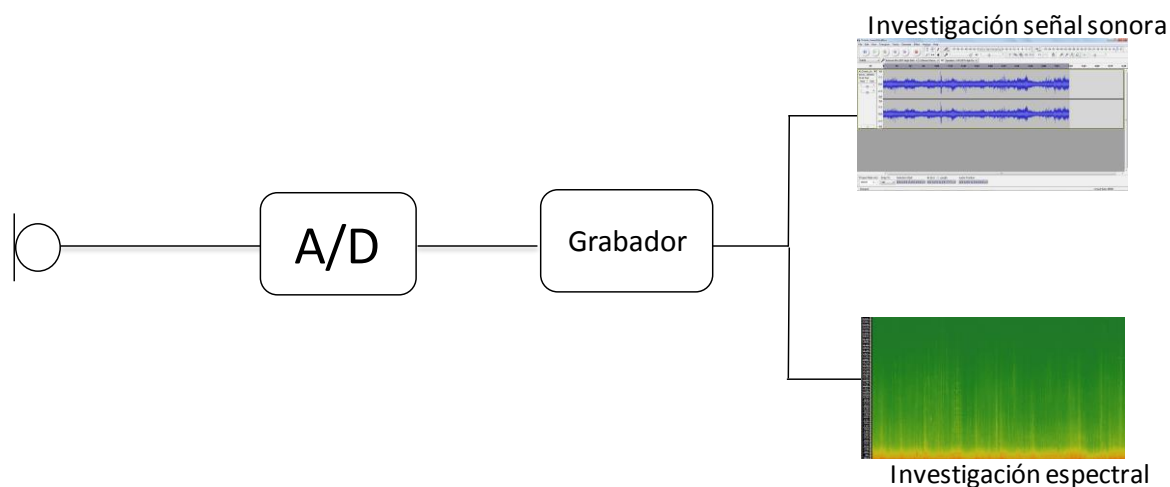


Figura 4.1. Análisis del paisaje sonoro. Señal acústica y espectro. Fuente: elaboración propia.

A la hora de diseñar un sistema de monitoreo acústico hay que considerar varios factores clave, incluyendo los requisitos de energía, almacenamiento e informática que se van a utilizar. Aunque estos problemas no son exclusivos de la supervisión acústica, ponen importantes limitaciones en el diseño y la implementación del sistema.

4.1. EQUIPAMIENTO

Para el equipo de control, los investigadores deben identificar claramente los objetivos del estudio, el organismo o los organismos objetivo y las condiciones ambientales en las que se llevará a cabo el estudio. Se deben considerar varios aspectos a la hora de seleccionar el hardware adecuado.

Hay infinidad de aparatos y precios en cuanto a grabación se refiere. En este libro se dará una introducción al equipamiento básico para la realización de grabaciones de campo.

El equipamiento básico consiste en una grabadora de mano, algunos pequeños micrófonos o hidrófonos (sensores especiales que se utilizan para grabar en un medio líquido), dependiendo del medio en el que se vaya a grabar, unas tarjetas de almacenamiento, baterías y unos cascos para comprobar lo que se graba.

4.1.1. Grabadoras compactas

Es la opción más económica y versátil. Debido al pequeño tamaño que poseen. Estas grabadoras son todo en uno. Poseen dos micrófonos integrados con opción de grabación en XY (configuración en 90°), ORTF (120 grados), MS y semi-surround.



Figura 4.2. Ejemplos de grabadoras compactas del mercado. De izquierda a derecha: Zoom H4n, Tascam R24 y Sony PCM-100. Fuente: <https://www.thomann.de>

Una de las ventajas que aportan estas grabadoras es la opción de poder conectar otros tipos de micrófonos más sofisticados así como previos.



Figura 4.3. Entradas adicionales XLR y línea para conexión de micrófonos y previos. Roland R-26. Fuente: <https://www.roland.com>

4.1.2. Grabadoras con previos

Para una grabación de campo más compleja y especializada se necesita una grabadora que incluya varias pistas y que posea un previo de micrófono integrado. Esto mejorará la calidad del audio y abarcará un rango de frecuencias mucho más amplio. Por tanto su uso se limita es al ámbito profesional.

Graban en disco duro o memoria compacta dependiendo del modelo y el fabricante.



Figura 4.4. Grabadoras SoundDevice 702 (izquierda) y Tascam DR-680 (derecha). Fuente: <https://www.sounddevices.com> y <http://tascam.com>

4.1.3. Previos independientes

En algunas ocasiones es necesario utilizar previos de micrófono bien porque la señal grabada es de muy bajo nivel o bien porque el micrófono que se quiere utilizar necesita alimentación phantom³⁵ (micrófonos de condensador).

El uso de previos independientes puede ofrecer una mejor calidad que los micrófonos integrados en la propia grabadora.



Figura 4.5. Previos SoundDevice pre USB2 (izquierda), SoundDevice Mix-Pre D (centro) y SoundDevice 302. Fuente: <https://www.sounddevices.com>

4.1.4. Micrófonos

El tipo de sonido que se quiera captar así como el tipo de calidad, da la opción de incorporar micrófonos más sofisticados que los que traen las propias grabadoras integradas.

En este campo se busca la grabación directa (mono o shotgun) o la grabación panorámica (estéreo, en configuración XY, ORTF o MS).

En el mercado existen una amplia variedad de micrófonos y marcas.

³⁵ Corriente continua que se proporciona a los micrófonos de condensador para que funcionen.



Figura 4.6. Algunos ejemplos de los micrófonos más utilizados. De izquierda a derecha: Sennheiser mkh 416, Audio Technica AT2022 y Rode NTG3. Fuente: <https://en-us.sennheiser.com>, <http://www.audio-technica.com> y <http://www.ode.com>

4.1.4.1. Micrófonos experimentales

Muchas veces, es necesario disponer de micrófonos más técnicos que permitan la captación de sonidos más concretos, como puede ser el caso de los hidrófonos (para grabación en fluidos), micros de contacto (grabación en sólidos) o micrófonos con una amplia sensibilidad (registrar sonidos de muy baja amplitud o capturar emisiones electromagnéticas).

4.1.5. Accesorios

A la hora de grabar es importante tener un sonido limpio sin ruido añadido por los cables, el viento o la manipulación de los equipos. Para evitarlo hay diferentes tipos de accesorios.

4.1.5.1. Windjammer

Es un accesorio cortaviento que sirve para filtrar el ruido del aire captado por los micrófonos. Para las grabadoras vienen mini-windjammer.



Figura 4.7. Algunos cortavientos del mercado. Windjammer Rycote fuer h4n (izquierda), cortaviento con soporte de Thoman (centro) y Rycote Zoom h4n. Fuente: <http://rycote.com/> y <https://www.thomann.de>

4.1.5.2. Trípode o sistema de suspensión

Al manipular las grabadoras se introduce un ruido. Éste se puede eliminar usando un trípode que sirve para sujetar la grabadora y situarla a diferentes alturas.

Otra opción que permite una mayor movilidad es la suspensión. Hay que añadirle un grip para el agarre y permite atrapar los cables para que no hagan ruido al tocar la grabadora.



Figura 4.8. Suspensión Rycote S Small MZL. Fuente: <http://mymic.rycote.com/>

4.1.5.3. Maletas

Lugar para guardar y proteger el equipo. También se guardan los cables, las baterías y las tarjetas de memoria o discos duros para almacenar los datos grabados.



Figura 4.9. Maletas tipo Pelican, Gator Cases y Portabrace. Fuente: <http://www.pelican.com>, <http://www.gatorcases.com> y <https://www.portabrace.com>

4.1.6. Cámara fotográfica

Es importante que a la hora de grabar se haga una fotografía panorámica del punto de medida, para tener una aproximación descriptiva visual del entorno.

En el mercado existen multitud de marcas y formatos de fotografía. Tampoco es necesario que la imagen tenga una calidad excelente. En algunos casos la cámara del teléfono móvil servirá para tomar una panorámica.

4.1.7. Sistema de localización geográfica

Es de vital importancia anotar el punto exacto de la grabación. Para futuras investigaciones, por si se quiere repetir la toma de grabación en diferentes espacios horarios, de estación. Es decir, no es lo mismo la grabación del canto de las aves por la mañana que por la noche o la grabación del paisaje sonoro de un parque urbano en verano que en invierno.

La localización de un punto geográfico puede hacerse (si se dispone de internet) con el móvil, utilizando cualquiera de las aplicaciones que hay disponibles, como por ejemplo GPSTest de Charcross Limited. También valdrá la aplicación de Google, Google Maps.

También se puede hacer la localización vía satélite con un GPS.

4.2. DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE AUDIO

Para poder analizar un sonido en un ordenador debe transformarse de un formato analógico a uno digital (A/D), proceso realizado por el convertidor analógico – digital.

Lo que hace este hardware es muestrear la amplitud del voltaje de una señal de entrada analógica resultante del micrófono. El voltaje en el tiempo es

proporcional a la presión sonora. Las muestras representan la amplitud de la forma de onda original.

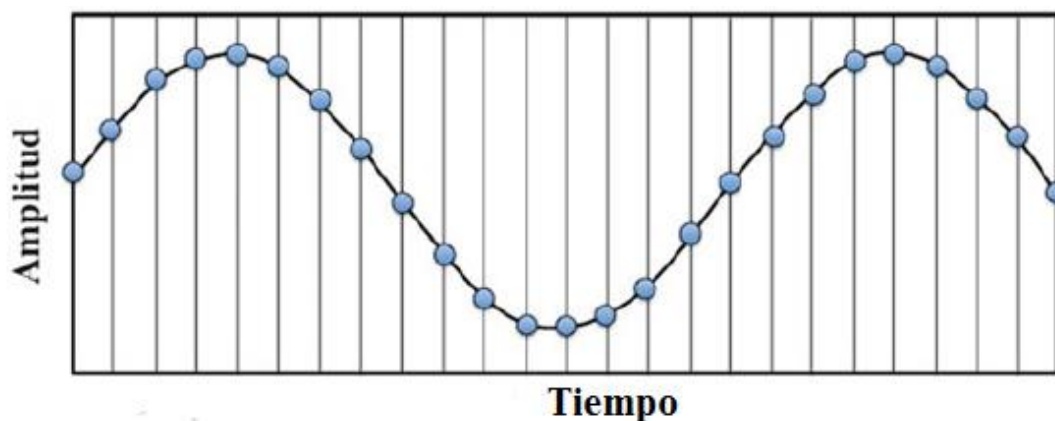


Figura 4.10. Muestreo de una señal analógica. Fuente. <http://zone.ni.com>

En el proceso A/D intervienen dos parámetros: la frecuencia de muestreo (f_m) y el número de bits utilizados para representar cada amplitud (tamaño de la muestra o profundidad de bits, n). Las aplicaciones comerciales de audio digital suelen utilizar frecuencias de muestreo de 44,1 kHz. La velocidad de muestreo a la que se almacena una señal en un dispositivo magnético (por ejemplo, formato AIFF o WAVE) se guarda en el archivo.

La tasa de muestreo que debe seleccionarse para obtener una representación digital razonable debe ser más del doble de la frecuencia más alta presente en la señal, para evitar producir el fenómeno de aliasing. Aliasing es una frecuencia fantasma que no está presente en la señal original, pero es el resultado de una frecuencia de muestreo inadecuada. Para evitar este efecto, la señal puede pasar a un filtro de paso bajo (filtro anti-aliasing) que elimina, si está presente, cada frecuencia más alta que la frecuencia de Nyquist. La frecuencia de Nyquist

es la frecuencia más alta de una señal digital sin aliasing y es igual a la mitad de la frecuencia a la que se digitaliza una señal analógica:

$$f_{max} = \frac{f_m}{2}$$

donde f_{max} es el límite de la frecuencia Nyquist y f_m la frecuencia de muestreo.

La precisión de la conversión a digital depende del tamaño de la muestra o bits utilizados. Así para una digitalización con 16 bits se tendrá $2^{16} = 65536$ muestras.

En la grabación de campo se suele usar una frecuencia de 44.1 kHz y 16 bits.

4.3. SOFTWARE

En el campo de la acústica hay varios softwares que procesan datos de audio y producen sofisticados análisis estadísticos. Algunos programas comerciales pueden editar sonidos: CoolEdit, Gold Wave, Spectrafoo, Amadeus Pro, Free Audio Editor, WavePad Sound editor, Sound Studio 2, ProTools, Cubase, Nuendo, Reaper.

Otros están más orientados al análisis bioacústico, como Raven, Song Scope, Avisft, Wildspectra, Canary, Spectra Pro, Syrinx, Sonobat, Pamguard, Soundruler, Wavesurfer, SoundscapeMeter, Sound Analysis Pro, SeaWave e Ishmael. Algunos software se dedica al análisis de señales: Spectrogram, Syrinx pc, Osprey, Signalize, Sigview, SpectraPlus.

De momento sólo hay dos software de dominio libre: Seewave³⁶ y SoundscapeMeter³⁷, que tienen algoritmos específicos para procesar el paisaje sonoro aplicando las métricas descritas en la siguiente sección.

4.4. MEDIDAS

Una vez que se han obtenido las grabaciones, el siguiente paso es analizarlas. Hay diferentes medidas para la obtención de las características del paisaje sonoro. Estos medidores no están estandarizados.

Diversos trabajos siguen una línea de investigación orientada a articular las mediciones objetivas de ruido con criterios de confort acústico. La mayoría de estos estudios se basan en la comparación de parámetros acústicos objetivos medidos y encuestas simultáneas de la reacción de los usuarios de los espacios analizados.

Se usan dos enfoques diferentes entre sí, el que hace referencia a los niveles de presión sonora y el que se refiere a los parámetros del análisis espectral.

El primer método mide la cantidad de energía sonora (presión sonora / potencia) con especial atención al efecto del ruido en la vida humana y generalmente recoge esta información usando sonómetros. La segunda aproximación al estudio de los patrones espectrales creados por los sonidos utiliza grabadores digitales y requiere un post-procesamiento complejo del sonido grabado, realizado en la mayoría de los casos mediante la adopción de los algoritmos de transformada de Fourier.

El uso de estos índices o parámetros depende en gran medida de la finalidad de la investigación del paisaje sonoro. Es decir, si se está haciendo una

³⁶ <http://rug.mnhn.fr/seewave/>

³⁷ <http://disbeg.uniurb.it/biomia/soundscapemeter/>

valoración del paisaje sonoro urbano se usaran más unos indicadores que otros, por el contrario si lo que se está grabando tiene una finalidad bioacústica de reconocimiento y estudio de especies los índices más utilizados serán los respectivos al espectrograma.

En este documento solo se da una aproximación de las medidas utilizadas en el estudio de la ecología acústica, pues a día de hoy estas medidas están empezando a ser estandarizadas.

Para una información más detallada acudir a la bibliografía de este documento.

4.4.1. Medidas de presión sonora

Las mediciones de la presión sonora se utilizan para evaluar el ruido ambiental y representan una aplicación al análisis de sonido en gran medida dedicada a la evaluación industrial y urbana interior y exterior de la calidad del entorno acústico. Este enfoque sirve para evaluar los efectos del ruido sobre la vida humana de diferentes condiciones ambientales y está regulado por normas nacionales e internacionales. La medición de la presión acústica permite recoger la cantidad de energía sonora que se produce en un sitio específico en un instante preciso o durante un intervalo de tiempo.

Los niveles de ruido se miden con medidores de nivel de sonido que proporcionan varias opciones de promediación y análisis de señal. Los resultados de medición normalmente se muestran en decibelios (dB).

Es probable que el impacto del ruido ambiental sea mayor en lugares donde los seres humanos están asociados con situaciones sensibles al ruido. Por lo tanto, los niveles de ruido se informan generalmente en dBA, que incluye la

respuesta de frecuencia de ponderación A que corresponde a la sensibilidad del oído humano.³⁸

Las principales preocupaciones del ruido ambiental se refieren generalmente a la interferencia de actividades tales como el sueño, la relajación y la conversación.

4.4.1.1. Nivel sonoro continuo equivalente

Dado que el sonido no permanece constante a lo largo del tiempo, para valorar lo que sucede acústicamente en un periodo de medida determinado en un punto del espacio, se usan diferentes índices.

Este parámetro es básico para cualquier medida de ruido. Su definición se encuentra en la mayoría de normas de medida de ruido de la legislación actual sobre protección acústica. Si está ponderado en A se denomina como $L_{Aeq,T}$, y se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad [dBA]$$

donde T es el periodo de tiempo de la observación.

Muchos equipos proporcionan el L_{Aeq} para un intervalo Δt_i . Para ello:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \Delta t_i 10^{\frac{L_{Aeq} \Delta t_i}{10}} \quad [dBA]$$

³⁸ Ver apartado 2.2.3.1 de este libro.

donde N es el número total de intervalos en los que se divide el tiempo T y $L_{Aeq,\Delta t_i}$ es el nivel continuo equivalente ponderado A en el intervalo i -ésimo. Si todos los intervalos de muestreo son de la misma duración, es decir, $\Delta t_i = \Delta t$ y $T = N \Delta t$, entonces la ecuación se simplifica:

$$\begin{aligned} L_{Aeq,T} &= 10 \log \frac{\Delta t}{N \Delta t} \sum_{i=1}^N \Delta t_i 10^{\frac{L_{Aeq,\Delta t_i}}{10}} \\ &= 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Aeq,t_i}}{10}} \quad [dBA] \end{aligned}$$

La valoración del ruido en base al promedio permite combinar fácilmente las valoraciones individuales de diferentes fuentes de ruido o segmentos de tiempo. L_{Aeq} tiene una concordancia con la respuesta subjetiva superior a otras valoraciones por lo que se adopta para la evaluación de ruido comunitario.

4.4.1.2. Niveles percentiles de ruido

Para tener una idea de las fluctuaciones de sonido a lo largo del tiempo, se suelen usar unos índices estadísticos llamados niveles percentiles. El nivel percentil n , L_n , es el nivel que se sobrepasa o iguala durante el $n\%$ del periodo de medida. En ecología acústica se suelen usar los percentiles L_{10} (indicador de pico de la señal) y L_{90} (indicativo de ruido de fondo de la señal).

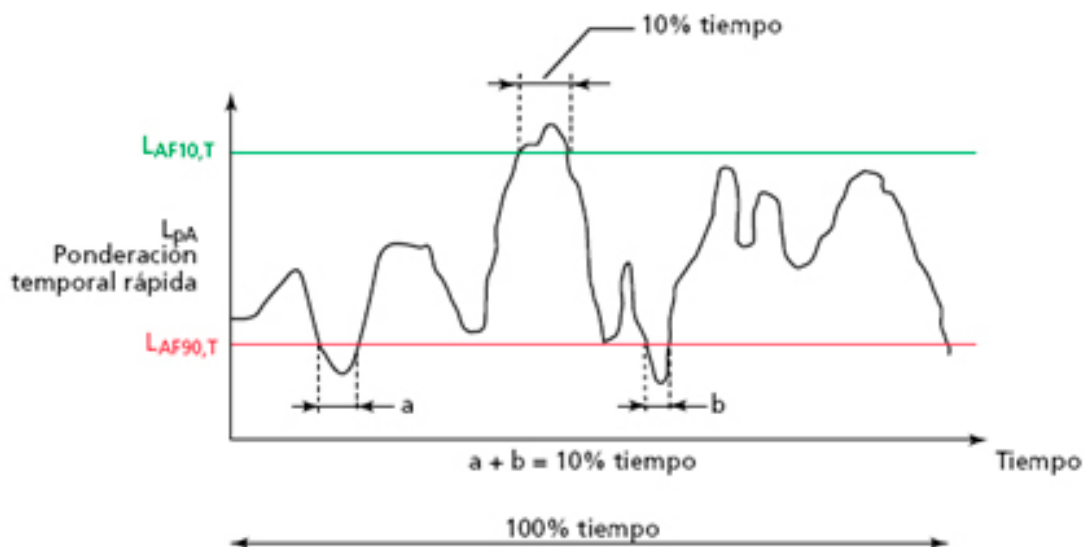


Figura 4.11. Niveles percentiles en ruido. Fuente: <http://www.inercoacustica.com>

Por ejemplo, si el tiempo de medida son 10 minutos, $L_{90}=80$ dBA y $L_{10}=90$ dBA, quiere decir que durante 9 minutos se han tenido niveles superiores a 80 dBA, y que durante 1 minuto se han tenido niveles superiores a 90 dBA. Dicho de otro modo, durante 8 minutos los niveles han estado entre 80 y 90 dBA, lo cual indica un gran nivel de ruido durante mucho tiempo.³⁹

Los percentiles estadísticos permiten disponer de un parámetro que caracteriza las fluctuaciones del ruido en plazo corto y la naturaleza variable en el tiempo.

4.4.1.3. Nivel de exposición sonora (SEL)

El SEL (Sound Exposure Level) es la energía total producida por una fuente puntual de ruido. Se calcula en un intervalos preciso de tiempo t_1, t_2 .

³⁹ Referencia: <http://www.inercoacustica.com/acustipedia/item/238-uso-de-niveles-percentiles-en-ruido>

$$L_{E,T} = 10 \log \left[\int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} \right] = L_{eq,T} + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [dB \text{ ó } dBA]$$

donde $T = t_2 - t_1$, $p^2(t)$ es la presión al cuadrado en un instante de tiempo en pascuales, p_0^2 es el cuadrado de la presión de referencia en pascuales y $T_0 = 1$ s.

4.4.2. Medidas psicoacústicas

Estas medidas en acústica sirven para medir la calidad sonora. Es una forma de cuantificar la subjetividad del sonido. Se basa en la sonoridad, la forma y rugosidad del sonido definido por Zwicker⁴⁰. Estos parámetros reflejan la mayoría de las propiedades psicoacústicas de la percepción sonora humana y asignan un valor a las diferentes propiedades del sonido.

El modelo de sonoridad de Zwicker ha sido estandarizado tanto en normas internacionales como nacionales. En comparación con la norma ISO 532 B de 1975, la última revisión de la norma DIN 45 631, a partir de 1991, incluye mejoras con respecto a la evaluación de sonidos con componentes fuertes de baja frecuencia.

4.4.2.1. Agudeza o nitidez (Sharpness)

Mide la sensación causada por el contenido de alta frecuencia. Cuanta mayor proporción de altas frecuencias hay, más agudo y cortante es el sonido (más agresivo). Esta media está relacionada con el timbre.

⁴⁰ Eberhard Zeickner, (1999), *Psychoacoustics: Facts and Models*. Berlín.

$$S = 0,11 \frac{\int_0^{24bark} N' g(z) dz}{\int_0^{24bark} N' dz} \quad [Acun]$$

$$siendo \quad g(z) = \begin{cases} 1 & z \leq 16 \\ 0,666e^{0,171z} & z > 16 \end{cases}$$

donde $g(z)$ es un factor de ponderación de banda crítica que depende de z .

La escala Bark es una escala psicoacústica que tiene un rango de 1 a 24 y corresponde a las primeras 24 bandas críticas del oído. Los márgenes de las bandas son en HZ y son: 0, 100, 200, 300, 400, 510, 630, 770, 920, 1080, 1270, 1480, 1720, 2000, 2320, 2700, 3150, 3700, 4400, 5300, 6400, 7700, 9500, 12000, 15500.⁴¹

4.4.2.2. Aspereza o rugosidad (Roughness)

Este parámetro cuantifica el grado de molestia provocado por modulaciones rápidas. Depende de los efectos de modulación localizados en el rango de bajas frecuencias. Mide la modulación a 70 Hz.

$$R = 0,3f_{mod} \int_0^{24Bark} \Delta L_E(z) dz \quad [Asper]$$

donde ΔL es la profundidad de modulación y f_{mod} la frecuencia de modulación.

⁴¹E. Zwicker, *Subdivision of audible frequency range into critical bands*. p.248, (1961).

Dado que este producto lleva la unidad $[R] = \text{dB/s}$, la rugosidad de la sensación auditiva es proporcional a la velocidad de la variación del patrón de enmascaramiento temporal.

4.4.2.3. Tasa de fluctuación

Mide la modulación en amplitud y frecuencia de la muestra temporal a baja frecuencia, unos 4 Hz y se basa en el cálculo de la sonoridad no estacionaria.

4.4.3. Análisis espectral

El análisis espectral, como se ha dicho anteriormente, es muy útil a la hora de evaluar el paisaje sonoro ya que permiten la identificación de los caracteres de un paisaje sonoro independientemente de la fuente de los sonidos.

4.4.3.1. Centro de gravedad espectral (CoG)

Mide la concentración media de energía.

$$CoG = \frac{\sum_i 10^{\frac{L_i}{10}} B_i}{\sum_i 10^{\frac{L_i}{10}}}$$

donde L_i es el nivel de presión sonora en dB para cada banda de tercio de octava y B_i es la frecuencia que va desde 80 a 8000 Hz. Ya que esta banda de frecuencias abarcan la totalidad de sonidos propios del ambiente urbano.

Por ejemplo, para un espectro formado por una única onda simple de 1000 Hz, su centro de gravedad es 1000 Hz; para un espectro formado por dos ondas simples de la misma intensidad a frecuencias de 1000 Hz y 3000 Hz, su centro de gravedad es 2000 Hz; o para un ruido blanco con una frecuencia de muestreo de

22050 Hz, su centro de gravedad se sitúa en la mitad de la frecuencia Nyquist, es decir a 5512,5 Hz.

Varios autores proponen este indicador como adecuado para investigar los entornos acústicos.

4.4.3.2. Índice de entropía acústica (H)

Este parámetro está basado en el índice de Shannon⁴², en el que la entropía mide la incertidumbre. Viene dado por la siguiente expresión:

$$H = H_t \cdot H_f$$

donde H_t es el índice temporal de entropía y H_f el índice espectral de entropía. Vienen definidos por las siguientes expresiones:

$$H_t = - \sum_{t=1}^n A(t) \log_2 [A(t) \log_2 (n^{-1})]$$

$$H_f = - \sum_{f=1}^N S(f) \log_2 [S(f)] \log_2 [N^{-1}]$$

donde n es el número de bits, $A(t)$ es la función de probabilidad de la envolvente en amplitud, $S(f)$ la función de masa de probabilidad del espectro medio calculado usando la transformada rápida de Fourier con una ventana de $N = 512$ puntos.

⁴² En ecología se usa para medir la biodiversidad específica.

4.4.3.3. Mediana de envolvente de amplitud (M)

En esta medida se tiene en cuenta la amplitud de la envolvente de señal y se calcula:

$$M = \text{mediana } A(t) \cdot 2^{(1-\text{depth})} \quad \text{con } 0 \leq M \leq 1$$

donde $A(t)$ es la amplitud de la envolvente y depth es la profundidad de bit que suele ser 8 o 16 bits. Para obtener valores de M comprendidos entre 0 y 1, M tiene que ser estandarizada mediante $M/A(t)_{\max}$.

4.4.3.4. Riqueza acústica (AR)

Este índice es la combinación de los dos anteriores:

$$AR = \frac{(\text{rank}(H_t) \cdot \text{rank}(M))}{n^2} \quad \text{con } 0 \leq AR \leq 1$$

4.4.3.5. Índice de disimilitud acústica

Estima la diversidad entre dos comunidades acústicas. Se compone de dos subíndices: el índice de disimilitud temporal (D_t) y el índice de disimilitud espectral (D_f).

$$D = D_t \cdot D_f \quad \text{con } 0 \leq D \leq 1$$

$$\text{Siendo } D_t = 0,5 \sum_{t=1}^n |A_1(t) - A_2(t)| \quad \text{con } 0 \leq D_t \leq 1|$$

donde $A_1(t)$ y $A_2(t)$ es la función de masa de probabilidad de la envolvente de amplitud.

$$\text{Y } D_f = 0,5 \sum_{f=1}^N |S_1(f) - S_2(f)| \quad \text{con } 0 \leq D_f \leq 1|$$

siendo $S_1(f)$ y $S_2(f)$ es la función de masa de probabilidad del espectro medio.

4.4.3.6. Índice de complejidad acústica (ACI)

El ACI (Acoustic Complexity Index)⁴³ es una medida de las variaciones de intensidad que se producen a lo largo de un registro sonoro en las distintas bandas de frecuencia de la grabación. Da mayor valor a las señales con mayor amplitud.

Sirve para el análisis de comunidades de animales próximas a áreas con actividad humana. Produce una cuantificación rápida y directa de la estructura del paisaje sonoro.

El ACI calcula la diferencia absoluta (Δk) entre dos valores adyacentes de amplitud espectral (I_k e $I_{(k+1)}$) en un solo intervalo de frecuencia (Δf_I):

⁴³ Elaborado por Farina, Morri y Pieretti. (2008)

$$\Delta k = |I_k - I_{(k+1)}|$$

$$D = \sum_l^n \Delta k \quad \text{Para } j = \sum_l^n \Delta t_k \quad \text{con } n = \text{número de } \Delta t_k \text{ en } j$$

donde D es la suma de todos los Δk contenidos en j . Por tanto:

$$ACI = \frac{D}{\sum_l^n I_k}$$

donde el ACI se calcula en un solo intervalo temporal (j) y en una sola frecuencias (Δfl). A continuación, se calcula el ACI , que se calculó sobre todas las etapas temporales incluidas en el registro:

$$ACI (\Delta fl) = \sum_l^m ACI$$

con m = número de j intervalos que hay en la grabación, donde $ACI (\Delta fl)$ corresponde al ACI de un intervalo de frecuencias completo.

Finalmente se calcula el ACI_{tot} para todo el rango de frecuencias:

$$\begin{aligned}
 ACI_{tot} &= \sum_l^q ACI(\Delta fl) && \text{siendo } \Delta f \\
 &= \sum_l^q \Delta fl && \text{donde } q = \text{número de } \Delta fl
 \end{aligned}$$

donde ACI_{tot} es el índice total para toda la grabación.

4.5. CALIDAD DE UN PAISAJE SONORO

La necesidad de medir el paisaje sonoro plantea la cuestión de cómo definir su calidad desde un punto de vista perceptual. Es necesario identificar y acordar los descriptores y atributos pertinentes de los paisajes sonoros que se incluirán en cuestionarios, escalas semánticas y protocolos de observación y entrevista para obtener respuestas individuales en relación con esos criterios.

La gente tiene la capacidad de valorar los diferentes temas que producen sonidos desagradables o agradables.

El objeto visual es una entidad física, el objeto sonoro es un campo de energía que expresa información significativa. La percepción del sonido puede ser menos rica en información que las visuales, pero es más rica en emoción, y un paisaje sonoro intencional es una parte importante del diseño y la planificación urbana.

El enfoque de evaluación del paisaje sonoro urbano es esencialmente un enfoque estético que se refiere a las preferencias individuales o de grupo.

Para medir la sensación de las personas en un entorno sonoro se utilizan encuestas ya que permiten obtener información a través de una serie de preguntas

ordenadas y preestablecidas dirigida a las personas implicadas en el tema analizado.

La mayoría de los trabajos sobre el paisaje sonoro urbano y rural usan la metodología de la aplicación de encuestas in situ para definir el nivel de confort de los usuarios en los espacios exteriores analizados.

Muchos son los autores que han clasificado las preguntas y los adjetivos que mejor definen la percepción humana del sonido. Las preguntas iniciales tienen que caracterizar el perfil sociológico del usuario, a continuación se hace una evaluación general del paisaje del espacio analizado y finalmente la caracterización de las fuentes sonoras y el grado de molestia.

La calificación en la apreciación del sonido depende en gran medida de la actitud de un solo oyente. Por ejemplo, los ornitólogos expertos pueden juzgar la canción de un pájaro como de gran valor cuando los oyentes no expertos pueden ignorar ese sonido en el proceso de clasificación de un paisaje sonoro.

La experiencia con cuestionarios en diferentes partes del mundo y por diversos autores arrojan resultados interesantes. La gente identifica primero las marcas sonoras antes que la fuente de sonido más fuerte. Los sonidos naturales son preferidos por la mayoría de los encuestados. Los jóvenes muestran una mayor tolerancia a la música y a los sonidos tecnológicos que los ancianos quienes prefieren los sonidos naturales o los relacionados a la cultura o las actividades humanas.

Se usan descriptores semánticos en las encuestas asociados a diversas características acústicas específicas. En la Figura 4.12 se muestra un listado de características y descriptores asociados propuesto por Raimbault⁴⁴. En cada caso se usa una escala dinámica de 1 a 7 para facilitar la evaluación.

⁴⁴ Manon Raimbault, Danièle Dubois, et. Al. (2003), *Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities*.

Característica	Descriptor
Fuerza Sonora	Silencioso / Ruidoso
Ocupación espacial	Poca / Mucha presencia
Organización	Ordenado / Desordenado
Localización	Cercano / Lejano
Balance temporal	Estable / Inestable
Evolución temporal	Establecida / Evolutiva
Claridad	Algarabía / Distintivo
Actividad	Monótono / Variado
Valoración	Agradable / Desagradable

Figura 4.12. Descriptores semánticos. Fuente: Raimbault (2003)

A la hora de plantear un cuestionario es importante pedirle al individuo que identifique los sonidos más relevantes y crear una escala de valoración de la percepción y si un sonido es agradable o desagradable. También hay que diferenciar entre sonidos biofónicos, geofónicos y antropofónicos.

Murray Shafer propone una clasificación de seis apartados según el contexto:

1. Distancia estimada desde el observador.
2. Intensidad estimada del sonido original.
3. Percepción: clara / claridad moderada / dificultosa / sobre el ambiente general.
4. Textura del entorno: alta fidelidad / baja fidelidad / natural / humana / tecnológica.
5. Ocurrencia aislada / repetitivo / como parte de un contexto o mensaje más amplios.
6. Factores ambientes: sin reverberación / reverberación corta / reverberación larga / eco / deriva / desplazamientos.

	Ladrido de un perro	Campana de iglesia	Teléfono	Motocicleta (pasando por autopista)
1	20 metros	500 metros	3 metros	cada 100 metros
2	85 dB	95 dB	75 dB	90 dB
3	Clara	Claridad moderada	Clara	Clara, dificultosa, clara
4	Alta fidelidad, natural	Baja fidelidad, tecnológico	Alta fidelidad, tecnológico	Baja fidelidad, tecnológico
5	Repetitivo, irregular	Repetición periódica	Repetitivo	Aislado
6	Reverberación corta	Reverberación mediana, deriva	Sin reverberación	Sin reverberación

Figura 4.13. Ejemplos de clasificación de los eventos sonoros según el contexto.

Fuente: Shafer (1977), p. 195

En la mayoría de los estudios del paisaje sonoro urbano se puede observar que el sonido del tráfico en general en áreas urbanas tiene una connotación negativa, mientras que los sonidos de otras personas, la naturaleza, los pájaros y la música son preferidos.

La evaluación cualitativa no está relacionada con las propiedades físicas de los sonidos oídos sino con la plantilla cognitiva que elabora y procesa el sonido.

La evaluación del paisaje sonoro está fuertemente afectada por factores no auditivos tales como imágenes visuales, luz del día y percepción olfativa.

El análisis de los paisajes sonoros requiere la recopilación de muchos factores concurrentes que expresan una evaluación subjetiva del grado de molestia.

4.6. PASEO SONORO (SOUNDWALK)

Un paseo sonoro o soundwalk es un paseo por cualquier entorno utilizando la escucha atenta. Es un ejercicio que se puede hacer en cualquier

momento y en cualquier lugar. Es una experiencia directa con el entorno sonoro. Se puede realizar individualmente o en grupos.

Recoge la experiencia personal sobre el entorno sonoro, y esta experiencia se puede llevar a cabo en cada lugar que se desee. El ejercicio para recopilar información de campo sobre el entorno acústico se llama fonografía.

Esta técnica fue desarrollada por Shafer en los años sesenta y continuada por Hildegard Westerkamp, quien profundiza en un mayor acercamiento entre el hombre y el entorno acústico que lo rodea.

“Nuestros oídos están expuestos a cada sonido que nos rodea sin importar dónde estemos. Podemos estar en casa, caminando a través de una calle céntrica, a través de un parque, a lo largo de la playa. Podemos estar sentados en un consultorio médico, en el vestíbulo de un hotel, en un banco. Podemos estar haciendo compras en un supermercado, en una tienda, en un centro comercial. Podemos estar de pie en el aeropuerto, la estación de tren, la parada de autobús. Dondequiera que vayamos daremos prioridad a nuestros oídos. Han sido descuidados por nosotros durante mucho tiempo y, como resultado, hemos hecho poco para desarrollar un ambiente acústico de buena calidad.

A menos que escuchemos con atención, existe el peligro de que algunos de los sonidos más delicados y silenciosos pasen desapercibidos por los oídos entumecidos y entre las muchas voces mecanizadas de los paisajes sonoros modernos y eventualmente desaparezcan por completo. Nuestro primer soundwalk es exponer deliberadamente a los oyentes al contenido total de su composición ambiental, y por lo tanto es muy analítico. Se supone que es una introducción intensa a la experiencia de escuchar sin compromisos.”⁴⁵

⁴⁵ Hildegard Weterkamp, (1974), *Soundwalk*, Vol.III Number 4, Victoria B.C.

Un paseo 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 pretender revelar.



Figura 4.14. Paseo sonoro por la ciudad de Oviedo en el parque San Francisco.
Fuente: Imagen reproducida con el permiso de Juanjo Palacios, Aula de Ecología Acústica de la Universidad de Oviedo.

Es un ejercicio para el cual se debe educar por pasos. Un paseo sonoro puede ser diseñado de muchas maneras, es decir puede cubrir un área amplia o pequeña. La finalidad es reactivar el sentido del oído.

El método soundwalk como un método empírico para identificar un paisaje sonoro y sus componentes es el método más frecuentemente aplicado para recopilar datos para explorar áreas por mentes de expertos locales que abren

un campo de datos para la triangulación y es un método de medición común para la evaluación de paisajes sonoros.

4.7. MODELO DE KANO

El paisaje auditivo o paisaje sonoro tiene muchos aspectos positivos, por ejemplo, las aguas que fluyen de las fuentes urbanas pueden tener un efecto calmante que enmascara los sonidos irritantes. El ruido del tráfico puede producir molestias, pero el sonido de un solo vehículo puede ser considerado una señal importante para la seguridad de los peatones al cruzar una carretera.

Los sonidos humanos del habla pueden ser interpretados como irritantes por la gente que lee un libro o que participan en la conversación, pero podría ser agradable durante la actividad de compras. Todos estos elementos son extremadamente útiles para ingenieros y arquitectos en la planificación de los espacios sonoros urbanos.

El paisaje sonoro puede ser un paso intermedio inconveniente y altamente complejo en el proceso de satisfacción del cliente. La satisfacción del cliente es una teoría del desarrollo de productos y la satisfacción del cliente desarrollado en la década de 1980 por Noriaki Kano⁴⁶ que clasificó las preferencias de los clientes en cinco categorías:

- Calidad atractiva. Este atributo contribuye a la satisfacción cuando se logra plenamente, pero no causa insatisfacción cuando no se cumple. Normalmente no se espera.
- Calidad unidimensional. Este atributo contribuye a la satisfacción cuando se cumple y a la insatisfacción cuando no se cumple porque se espera.

⁴⁶ Noriaki Kano, *Attractive quality and must be quality*, (1984), Jpn Soc. Quality Control.

- Calidad requerida (Must - be quality). Se da por sentada cuando se cumple, pero da lugar a insatisfacción cuando no se cumple.
- Calidad indiferente. Este atributo se refiere a aspectos que no son ni buenos ni malos, y que no dan lugar ni a la satisfacción ni a la insatisfacción del cliente.
- Calidad inversa. Este atributo se refiere a un alto grado de logro que resulta en insatisfacción y al hecho de que no todos los clientes son iguales.

La intervención en un espacio modifica la posición de la fuente sonora, las superficies reflectantes y, en general, el entorno físico en el que se produce y difunde el sonido. Los cambios en el espacio pueden crear nuevas configuraciones más interesantes, aumento de la comodidad, o vibrante, spooky, intrusivo, o los sentimientos opacos.

En la creación de un paisaje sonoro atractivo la aplicación de un modelo de Kano parece una buena solución. En la Figura 4.15, se muestra un gráfico Kano típico en el que el eje horizontal indica el grado en el que está presente un aspecto del producto o servicio. El eje vertical muestra el nivel de satisfacción del cliente. Estos aspectos se dividen en tres categorías: atractivas, normales y básicas. El rendimiento funciona en una dimensión: "más es mejor" - "menos es mejor".

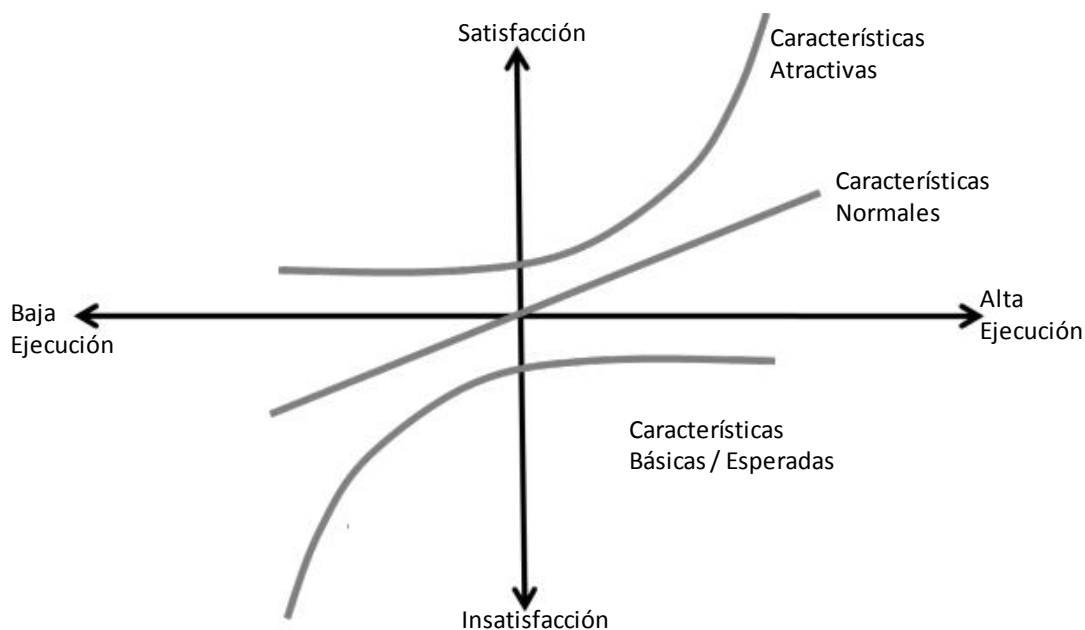


Figura 4.15. Modelo de Kano de los requisitos del producto o servicio. Fuente: P. Jennings, R. Cain (2013).

La característica básica considera la ausencia como una insatisfacción. Por ejemplo, un arrancador de coche: un mal arranque conduce a la insatisfacción, pero un buen arrancador no aumenta la satisfacción del coche. Las características atractivas es un aspecto generalmente inesperado de un producto, y su ausencia no produce insatisfacción.⁴⁷

El modelo Kano permite localizar el orden en el que debe realizarse una evaluación del paisaje sonoro.⁴⁸

⁴⁷ Lars Witell, Martin Lofgren, Jens Jörn Dahlgaard, *Theory of attractive quality and the Kano methodology: the past, the present, and the future*. (2013)

⁴⁸ Paul Jennings, Rebeca Cain, et. Al. (2013), *A framework for improving urban soundscapes*. Volum 74 pp. 293-299.

4.8. EVALUACIÓN DEL PAISAJE SONORO

El problema de la contaminación acústica es una preocupación global que afecta a todo tipo de lugares y personas.

Como se ha ido viendo a lo largo de este documento el enfoque de la Ecología Acústica destaca la necesidad de integrar el ambiente sonoro desde diferentes perspectivas que no deberían limitarse a los atributos físicos del sonido.

De hecho, el estudio del paisaje sonoro requiere diversos campos de prácticas y competencias: calidad de sonido, confort acústico humano en edificios, música y relaciones con la gestión del desierto y la recreación, el diseño urbano y de la casa, la planificación del paisaje y la gestión.

El análisis del paisaje sonoro representa un ejercicio complejo que se lleva a cabo para mejorar la calidad del entorno sonoro humano. De hecho, la calidad de un paisaje sonoro depende en gran medida del filtro cultural utilizado para separar los diferentes componentes del entorno sonoro.

El contexto en el que se recopila la información afecta a la evaluación final.

El contexto está representado por el lugar, la dimensión del entorno físico, la actividad personal en el lugar, la dimensión del entorno social y la dimensión personal.

La dimensión espacial de un paisaje sonoro permite distinguir un fondo de un primer plano y clasificar un sonido como intrusivo o aceptable; esto depende en gran medida del papel del contexto.

Algunos sonidos naturales como el agua contribuyen a mejorar la apreciación de los espacios naturales y artificiales, y la combinación de estímulos

visuales y acústicos representa estrategias eficientes para evaluar el valor de un paisaje y el paisaje sonoro asociado. La evaluación del paisaje sonológico generalmente se realiza administrando cuestionarios que tienen secciones específicas, como percepción del paisaje sonoro urbano; marca de sonido; diferencial semántico, e información individual.

La posibilidad de beneficiarse de zonas tranquilas reduce en las personas el efecto molestia con beneficios fisiológicos, pero para lograr este resultado el nivel de ruido debe ser por lo menos inferior a los 60 dB LAeq, 24 h.⁴⁹

Para crear una estandarización de una evaluación, es necesario un procedimiento sonoro que cree categorías de lugares (interiores o exteriores) donde el aire libre debe distinguir aún más las zonas urbanas, rurales, silvestres y submarinas y adoptar una semántica detallada de la clasificación del sonido.

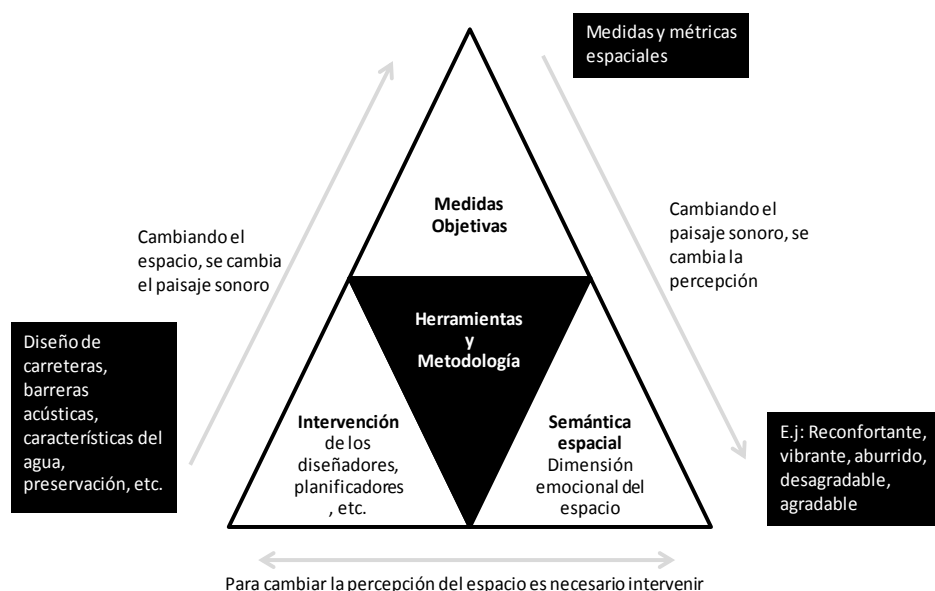


Figura 4.16. Evaluación del impacto de un paisaje sonoro. Fuente: P. Jennings, R. Cain (2013).

⁴⁹ Max Neuhaus, et Al (1994), *Sound Design*. Vienna: Triton.

CAPÍTULO 5: APLICACIONES

Desde sus raíces en los estudios de Schafer y sus colegas, la Ecología Acústica se ha expresado en muchos campos diferentes. En este documento se citan algunos ejemplos.

5.1. BIOACÚSTICA

La bioacústica es una rama de la ciencia que estudia la producción y recepción de sonidos biológicos, los mecanismos de transferencia de la información biológica por vínculos acústicos y su propagación en medios elásticos. También analiza los órganos de la audición y el aparato de fonación y los procesos fisiológicos y neurofisiológicos a través de los cuales se produce/recibe el sonido. Intenta entender las relaciones entre las características de los sonidos que produce un animal y la naturaleza del medio en el cual se utilizan así como las funciones por las cuales están diseñados.

La comunicación acústica es el proceso más poderoso con el que los organismos intercambian información. Cada fenómeno que reduce la

comunicación acústica puede tener graves consecuencias sobre la supervivencia de muchas especies.

La intrusión sonora parece una amenaza creciente para el mantenimiento de un alto nivel de complejidad biológica y ecológica. En particular, el ruido de origen antropogénico enmascara o degrada las señales acústicas entre individuos y especies. El ruido urbano, el ruido marino, la pérdida y aislamiento del hábitat, la transformación del uso de la tierra, la contaminación química, la actividad cazadora y la intrusión turística en áreas remotas son algunas de las principales amenazas a los procesos de comunicación que conectan individuos y grupos que comparten información sobre recursos y reproducción.⁵⁰

La transformación del paisaje puede provocar la desaparición de especies por no poder llegar a comunicarse.

Otra de las líneas de investigación en bioacústica es la identificación de especies por el sonido. Pues el espectrograma de cada vocalización es único para cada individuo.

Son muchos los investigadores que llevan usando el estudio del paisaje sonoro para la clasificación de especies animales así como el impacto del ruido en ecosistemas naturales.

Por ejemplo la Universidad de Cornell en Ithaca y su proyecto Colección Macaulay⁵¹ lleva registrando sonidos desde 1929. Es el mayor archivo de sonidos animales del mundo. En esta biblioteca hay grabaciones de todo tipo: la más antigua correspondiente a un gorrión, el sonido de las morsas, el sonido del pájaro ametralladora, que es un ave de Nueva Guinea que mimetiza el sonido de las ametralladoras de la Segunda Guerra Mundial. Son algunos ejemplos que se pueden encontrar.

⁵⁰ C. Pijanowski, et. Al. (2011), *Soundscape ecology, The Science of Sound in the Landscape*.

⁵¹ Se puede acceder a esta colección mediante <http://macaulaylibrary.org>

El cambio climático puede causar la desaparición de algunas especies. Con la Ecología Acústica se adoptan los procedimientos bioacústicos para la evaluación de los efectos sobre la radiodifusión acústica de las especies y la dinámica de la población.

El estudio realizado por Shai Markman⁵² en el Reino Unido, donde se estudió una población de estorninos, los cuales vivían cerca de plantas de tratamiento de aguas residuales, observó cambios en el comportamiento acústico como consecuencia de la ingestión de lombrices contaminadas. Estas aves cantaban más tiempo realizando cantos más complejos. Se confirmó experimentalmente un aumento de la función inmune. Se observó también que el área clave del cerebro que controla la complejidad de la canción masculina es significativamente mayor en los sujetos contaminados. Los estorninos estaban expuestos a la contaminación la cual reduce su salud pero eran más atractivos para las hembras, cambiando así el significado de las señales acústicas de la canción. Este rasgo, modificado por la fisiología alterada causada por la contaminación ambiental, distorsiona la selección sexual, produciendo efectos negativos a largo plazo en la población.

⁵² Artículo original: *Pollutants Increase Song Complexity and The Volume of the Brain Area HVC in a Songbird*, (2008).



Figura 5.1. Grabación de campo. Fuente:
<https://sensxperiment.es/2014/04/08/fonografia-y-paisaje-sonoro>

En un artículo publicado recientemente por Megan Gall y Jacob Damsky⁵³, del Vassar College de Nueva York, probaron cómo el ruido del tráfico afectó las reacciones de los Carboneros de Capucha Negra y los Carboneros de Cresta Negra a las llamadas de alarma que advierten a las aves de que un depredador está cerca. Al utilizar altavoces instalados cerca de plataformas de alimentación con cebo de aves, registraron las respuestas de las aves a tres grabaciones diferentes: llamadas de alarma, ruido de tráfico y una combinación de las dos. El ruido del tráfico no disuadió a las aves de alimentarse, pero cinco veces más aves se acercaron a los altavoces cuando los investigadores realizaron llamadas de alarma.

En 2014 los científicos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos, US National Oceanic And Atmospheric Administration (NOAA), descubrieron el origen misterioso de unos extraños sonidos oceánicos que llevaban produciéndose desde la década de los 50. Este

⁵³Artículo original: *Anthropogenic noise reduces approach of Black-capped Chickadee and Tufted Titmouse to Tufted Titmouse mobbing calls.*(2017)

sonido ha sido gravado repetidamente en las aguas alrededor de la Antártica y la costa occidental de Australia.

Denise Risch principal investigadora asegura que el sonido proviene de las ballenas de minke antárticas.⁵⁴



Figura 5.2. Ballena Minke antártica. Fuente: Ari Fiedlaende, División Antártica de Australia (Gobierno de Australia)

El sonido de baja frecuencia pudo ser localizado gracias a la colocación de dispositivos de grabación acústica a dos ballenas.

El equipo de científicos sostiene que resolver este misterio les ayudará a conocer mejor a estas ballenas muy poco estudiadas. Podrán utilizar los sonidos para observar a la especie.

Los científicos analizan los datos recogidos en la estación PALAOA (Perennial Acoustic Observatory in the Antarctic Ocean), una instalación

⁵⁴ Denise Risch, et al. (2013), *Baleen whale acoustic ecology with focus on minke whales and reference to anthropogenic noise*.

permanente de registro acústico del instituto alemán Alfred Wegener en Antártica.⁵⁵

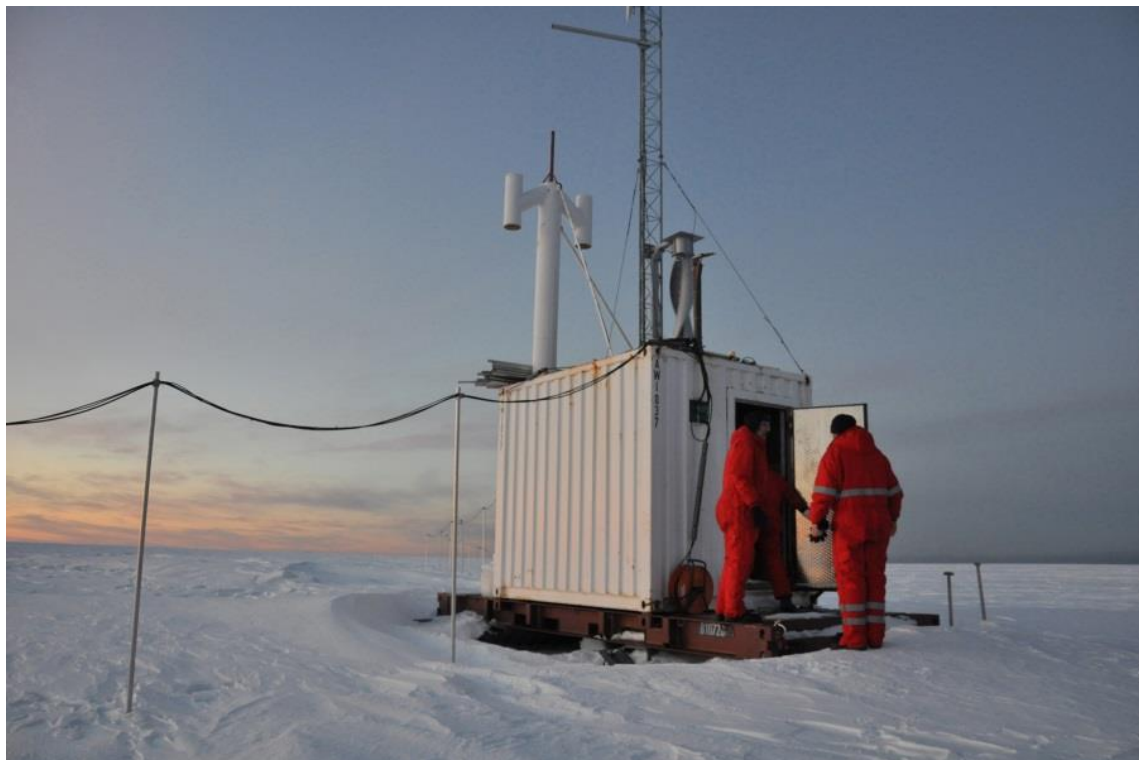


Figura 5.3. Parte de la estación PALAOA. Fuente: <https://www.awi.de/>

5.2. PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

La naturaleza bajo restricciones energéticas es rica en sonidos y cada sonido puede explicar en detalle la magnitud, ocurrencia y dinámica de un solo proceso. Por desgracia, los ciclos naturales y las tendencias de los sistemas biológicos y ecológicos rara vez se consideran desde la perspectiva sonora y

⁵⁵ <https://www.awi.de/en/about-us/service/press/archive/palaoa-worldwide-unique-underwater-acoustic-observatory-celebrates-its-fifth-anniversary-live.html>

todavía hay pocos datos disponibles sobre la variación de la amplitud, frecuencia y tipología del sonido a largo plazo.

Un sonido es la consecuencia de algo, el último eslabón de una cadena. Para que se dé el sonido son necesarias las causas que lo provocan. En la naturaleza estas causas pueden ser los pájaros, las especies de árboles, la disposición orográfica, el curso del río, el circuito de una corriente de aire en un paisaje dado.

Preservar un sonido es proteger todo el ecosistema que lo produce.⁵⁶



Figura 5.4. Grabación de campo de Francisco Rivas en México. Fuente: <http://registromx.net/ws/?p=1157>

Monitoreo significa evaluar los cambios en el tiempo usando un procedimiento de muestreo estandarizado repetido.

⁵⁶ Ricardo Hernández Molina, et. Al (2013), *Las áreas naturales a través del análisis de su paisaje sonoro*.

El monitoreo a largo plazo del ambiente sonoro parece un nuevo y prometedor enfoque para entender la dinámica de los sistemas naturales y modificados por el ser humano dentro y fuera de las áreas protegidas. Los esquemas de monitoreo se convierten en herramientas importantes para crear pautas eficientes para proteger estas áreas.⁵⁷

La acústica junto con otros datos puede producir una herramienta muy eficiente para tratar de responder a las preguntas relacionadas con el efecto del calentamiento global, el cambio de uso de la tierra, el efecto de la práctica agrícola en sistemas naturales o la propagación de plagas.

Los registros naturales, además de ser una fuente útil en la investigación científica, son pensados como un legado para las próximas generaciones.

En particular, la dinámica de los ecosistemas representa el foco de la mayoría de los programas de monitoreo, donde el ciclo del agua, el ciclo de los nutrientes, la transferencia de energía y las relaciones entre especies son los cuatro procesos principales a considerar.

La naturaleza bajo restricciones energéticas es rica en sonidos y cada sonido puede explicar en detalle la magnitud, ocurrencia y dinámica de un solo proceso. Por el contrario, los ciclos naturales y las tendencias de los sistemas biológicos y ecológicos rara vez se consideran desde la perspectiva sonora y todavía hay pocos datos disponibles sobre la variación de la amplitud, frecuencia y tipología del sonido a largo plazo.

En Estados Unidos y Japón existen diversos proyectos para recuperar y proteger los paisajes sonoros naturales. Como el proyecto *100 Soundscapes of Japan* avalado por el Ministerio de Medioambiente y desarrollado por el Japan Soundnscape Study Group.

⁵⁷ Carlos Iglesias Merchán, *Planificación acústica y paisajes sonoros: Conceptos técnicos y bases científicas para su gestión en espacios naturales protegidos y en medios urbanos*. CONAMA (Congreso Nacional de Medio Ambiente) 2014

En Estados Unidos y a través del Servicio Nacional de Parques (NPS), es donde se mantiene un programa denominado *Natural Sounds Program* para la preservación y conservación de los Parques Nacionales estadounidenses.



Figura 5.5. Equipo de medida en Sant Lake, Yosemite National Park. Fuente:
<https://www.nps.gov/subjects/sound/field.htm>

Desde 1979, Krause se ha concentrado casi exclusivamente en la grabación y archivo de paisajes sonoros silvestres naturales de todo el mundo. Estas grabaciones-obras de arte y ciencia encargadas principalmente por museos, acuarios y zoológicos para sus dioramas e instalaciones sonoras en todo el mundo. También se mezclan en pistas ambientales para numerosos largometrajes y más de 50 álbumes de grabación de campo descargables de los raros hábitats

disponibles en el mundo⁵⁸. La colección de paisajes naturales de Krause ahora consta de más de 5.000 horas de grabaciones de más de 15.000 especies individuales, marinas y terrestres. Hoy en día, más de la mitad de estos hábitats están completamente en silencio o ya no pueden ser escuchados en ninguna de sus formas originales.

Uno de los estudios de Krause se centra en Lincoln Meadow (San Francisco), cuando una empresa maderera decidió hacer un proyecto de tala selectiva. Lo que demostró Krause es que a nivel visual la tala no tuvo ningún impacto medioambiental, pero a nivel acústico las diferencias fueron de gran importancia. Pues la diversidad que consiguió en las grabaciones del primer año casi había desaparecido al año siguiente de repetir los protocolos y procesos de grabación en el mismo punto. Figura 5.6

“Los métodos habituales para evaluar un hábitat se han hecho contando visualmente el número de especies y el número de individuos dentro de cada especie en un área dada. Sin embargo comparando los datos que unen la densidad y diversidad de lo que oímos, soy capaz de llegar a resultados mucho más precisos.”⁵⁹

⁵⁸ Descargas disponibles a través de: <http://www.wildsanctuary.com/>

⁵⁹ Bernie Krause, TEDGlobal, *The Voice of natural world* (2013).

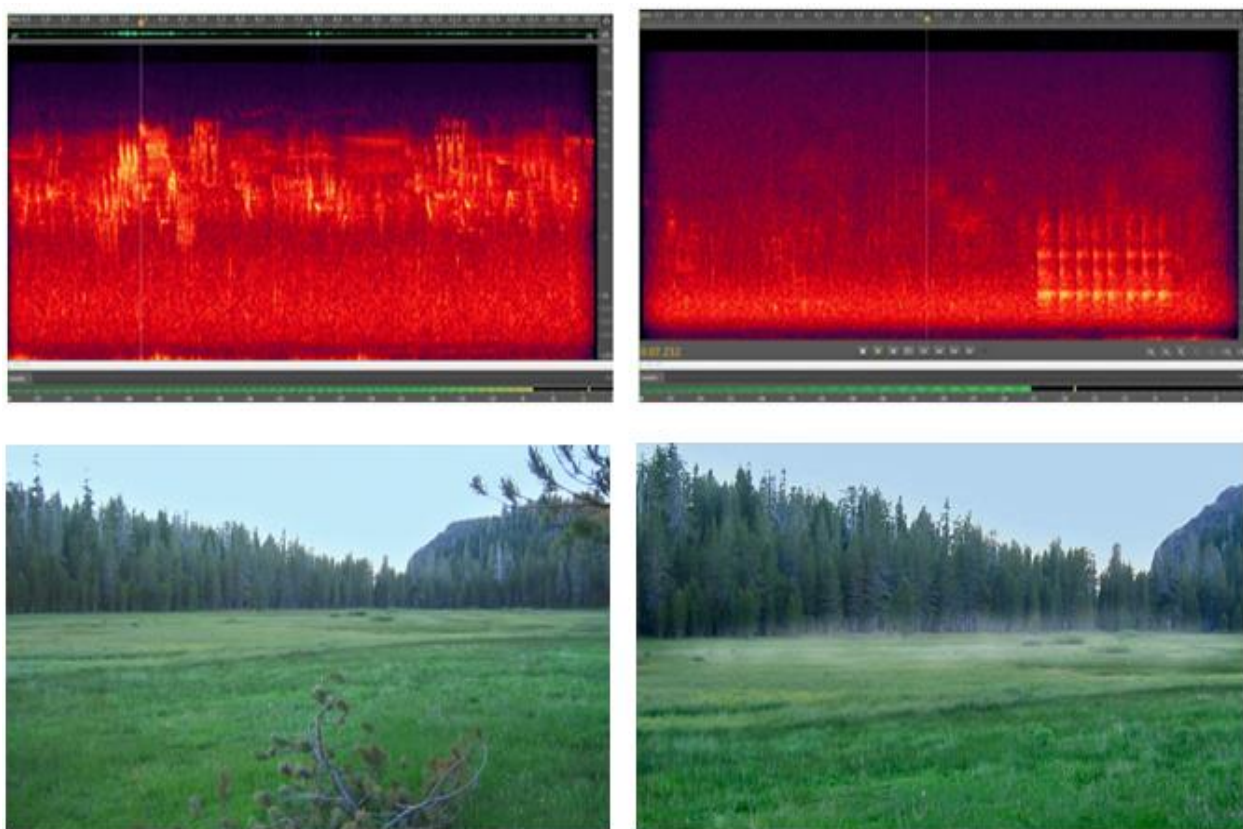


Figura 5.6. : Diferencia de espectrograma e imagen en Lincoln Meadow antes (derecha) y después (izquierda) de la tala selectiva. Fuente: Bernie Krause (2013).

Los parques naturales y áreas protegidas en muchas regiones de la Tierra están bajo el ataque de ruido invasor como resultado de la extracción de recursos, sobrevuelos de aviones y expansión de carreteras, donde en muchos casos la escala espacial de exposición al ruido es mayor que la escala de áreas protegidas.

En 2002 Krause creó la guía de programa educativo para escuchar y grabar por el National Park Service (NPS). En esta guía se hablan sobre los equipos y métodos para escuchar y grabar sonidos y un glosario esencial. Se hace hincapié en la importancia del paisaje sonoro natural para los visitantes.

El estudio de la distribución de frecuencias y de las brechas de frecuencia podría ayudar a comprender mejor los efectos sobre los ecosistemas y las comunidades de la intrusión humana.

El ecologista acústico Gordon Hempton⁶⁰ ha recorrido el mundo tres veces para captar las vibraciones más raras y buscar el silencio. Estas grabaciones han permitido a los expertos analizar el impacto de la polución sonora dentro de la naturaleza.

En España hay varios proyectos que parten de la base de la ecología acústica y del estudio de los paisajes sonoros para la conservación del medio ambiente. Como el trabajo llevado a cabo por el técnico de sonido Carlos de Hita⁶¹ quien lleva décadas confeccionando el mapa sonoro de España y de otros países. Destaca la grabación de quince Parques Nacionales. Algunos de sus archivos se pueden escuchar en el blog *El Sonido de la Naturaleza* publicado por *El Mundo*. Figura 5.7.

El ingeniero Michel André, de la Universidad de Cataluña lidera el proyecto *20.000 sonidos bajo el mar* que recorrerá el planeta durante cuatro años a bordo del velero *Fleur du passion*, registrando el nivel de contaminación acústica producido por las actividades humanas.⁶²

Por primera vez un barco estará equipado con sensores de última tecnología que permite realizar una cartografía oceánica acústica.

El flujo continuo de datos acústicos será analizado para comprender los desafíos a los que hoy se enfrentan los océanos y ayudará a la comunidad científica, así como a las autoridades públicas, para promover entre los usuarios de los océanos un enfoque y prácticas responsables.⁶³

⁶⁰ <http://www.soundtracker.com/>

⁶¹ <http://www.carlosdehita.es/>

⁶² <http://www.omexpedition.ch/index.php/es/programas/cientifico/20-000-sonidos-bajo-el-mar>

⁶³ <http://www.omexpedition.ch/index.php/es/>



Figura 5.7. Los sonidos de la Naturaleza. Fuente:
http://www.elmundo.es/especiales/2008/05/ciencia/sonido_naturaleza/index.html

En Vizcaya el proyecto *Los silencios sonoros de Urkiola*, recoge grabaciones sobre el Parque Urkiola. Es un trabajo en relación con los registros sonoros de los parques naturales de Vizcaya.

La gestión sostenible de las áreas protegidas requiere la conservación de todos los atributos sonoros de los paisajes para garantizar el mejor funcionamiento de los procesos ecológicos a nivel de población, comunidad y ecosistema.

Las directrices para preservar la complejidad sonora en las áreas protegidas proporcionan acciones específicas:

1. La reducción de la intrusión sonora antropogénica.

2. La reducción de cada perturbación causada por el hombre que puede fragmentar los hábitats, reduciendo su extensión.
3. La reducción de las intrusiones de vehículos motorizados que cruzan las áreas centrales.
4. Reducción de vuelos (comerciales o turísticos) en el perímetro de áreas protegidas.
5. La prevención de todos los contaminantes.
6. La educación de los visitantes para respetar la tranquilidad.⁶⁴

Un programa de conservación de parques naturales y áreas protegidas debe basarse en un equilibrio razonable entre la conservación de los recursos naturales y la limitación del impacto de los visitantes.

La reducción de los sonidos inadecuados parece la misión principal en la conservación de la naturaleza de los parques, pero a menudo esto no es posible debido al gran número de visitantes y las intrusiones cada vez mayores de fuentes externas.

5.3. CREACIÓN DE MAPAS SONOROS

Un mapa sonoro es una forma de catalogar, mediante un mapa, los sonidos que se pueden recoger en un entorno concreto. De esta forma todos los sonidos que se han recogido en un paisaje sonoro pueden colocarse en un plano visible donde asociarlos a una localidad, una comunidad o a un territorio.

⁶⁴ Cessford GR, et. Al. (2000) *Noise impact issues on the Great Walks of New Zealand*.

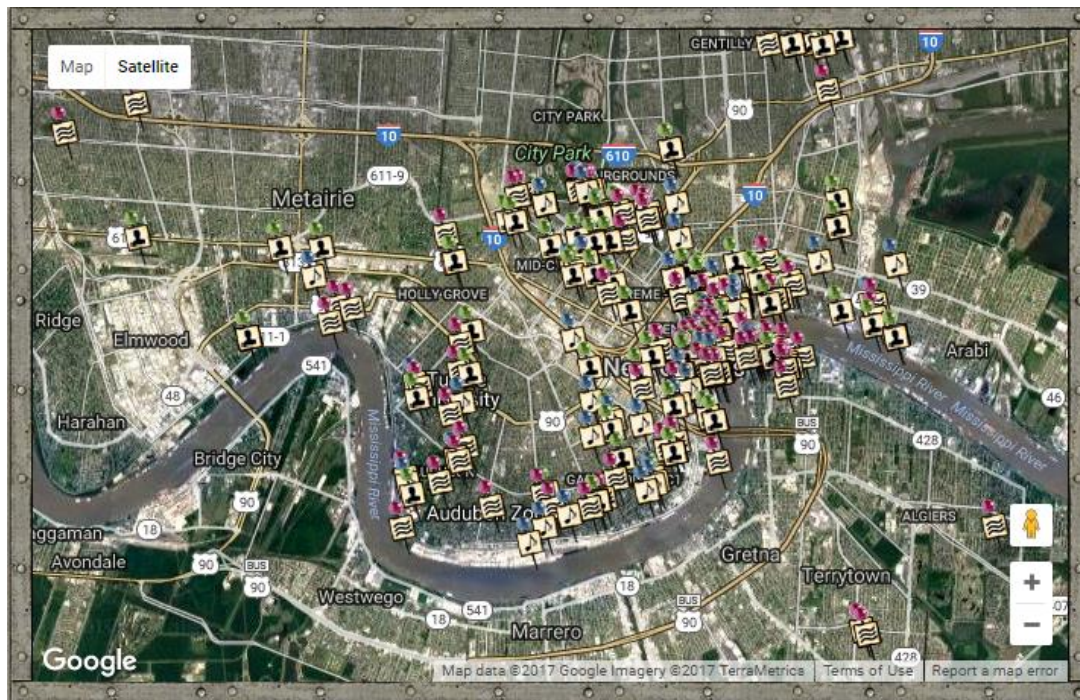


Figura 5.8. Mapa sonoro de Nueva Orleans. Fuente:
<http://www.opensoundneworleans.com/core/>

Si se considera que el sonido está compuesto de información sonora local, la distribución de fuentes sonora puede utilizarse para diseñar mapas sonoros. Estos mapas se basan en la grabación instrumental de la presión sonora, pero representar un paisaje sonoro requiere un enfoque más integrado que no se transfiere fácilmente a mapas visuales.

La evaluación de zonas tranquilas a escala nacional es importante para la planificación y gestión futura de los recursos naturales. Este enfoque es menos preciso que la medición directa del ruido, pero los resultados son útiles para localizar las áreas críticas en las que se recogen datos de ruido verdaderos en una investigación posterior.

A nivel mundial hay infinidad de proyectos que se basan en la creación de mapas sonoros. Suelen ser proyectos abiertos y dirigidos a todo el público, para facilitar la recopilación de grabaciones, creando así una base de datos que sirva para la conservación de sonidos.

Un buen ejemplo de mapa sonoro es el creado en Asturias en 2009 por el fonografista, artista y escritor Juanjo Palacios, *Mapa Sonoru*⁶⁵. En este proyecto se pretende descubrir, conservar y difundir el patrimonio sonoro de Asturias. Su objetivo también, es fomentar el interés por el paisaje sonoro, la escucha activa y la grabación de campo, realizando talleres y creando grupos de trabajo.



Figura 5.9. : Mapa sonoro de Asturias. Fuente: <http://mapasonoru.com/mapa.php>

Otro ejemplo es *Soinumapa*⁶⁶ mapa sonoro del País Vasco, es un trabajo abierto y colaborativo. Es amplio y recoge gran cantidad de archivos sonoros, desde sonidos de ciudad, naturales, de animales o de fiestas y celebraciones.

⁶⁵ Para más información sobre el proyecto <http://mapasonoru.com/>

⁶⁶ <http://www.soinumapa.net/?lang=es>

Existen diferentes tipos de mapas sonoros algunos, como los citados anteriormente, recogen información de todo tipo de sonidos en un territorio. Otros captan los sonidos de animales concretos como el caso del archivo *Macaulay Library*⁶⁷, en donde se recopilan grabaciones de miles de pájaros y otras especies de todo el mundo.

Otra de las posibilidades que brindan los mapas sonoros interactivos es la posibilidad de escuchar paisajes sonoros en tiempo real. Como es el caso del *Listening to the Deep Ocean Environment* que permite escuchar los sonidos del océano profundo en tiempo real a través de doce hidrófonos distribuidos por los mares europeos y tres en Canadá. Este proyecto pretende facilitar la investigación de la repercusión de las actividades humanas en ballenas y delfines.



Figura 5.10. Mapa sonoro del Océano. Fuente:
<http://listentothedeep.net/acoustics/index.html>

⁶⁷ <http://macaulaylibrary.org/>

específicos para dicha evaluación. Tranquilidad no significa ausencia de ruido sino una combinación de sonidos agradables.

La gestión del ruido urbano significa reducir el nivel de ruido no deseado o mitigar las fuentes de ruido (plantar árboles, construir barreras sonoras, etc.).

Las barreras sonoras, ya sea compuestas de plástico, hormigón o materiales vivos, también reducen y degradan la composición escénica de un paisaje urbano. Las soluciones técnicas adoptadas en automóviles, camiones y trenes pueden reducir el ruido del tráfico. Como por ejemplo los motores eléctricos.

Estas barreras son soluciones pero no sirven en las zonas urbanas debido a las restricciones de espacio y al impacto visual que ocasionan.

La manipulación de fuentes sonoras permite modificar el entorno sonoro. De esta manera, el desplazamiento de dos sonidos molestos no cambia la molestia total, pero es posible superponer un sonido molesto con una fuente de sonido de calidad creando así un efecto de enmascaramiento.⁶⁸

⁶⁸ Thomas Elmqvist, et. Al. (2013), *Designing the Urban Soundscape*.



Figura 5.12. Pequeña cascada junto a un fragmento del Muro de Berlín (derecha) y gran cascada en mitad de los edificios (izquierda) en el centro de Manhattan. Fuente: David Maddox

Un ejemplo donde las características del agua han sido incorporadas en el diseño urbano para mejorar la percepción de la calidad del ambiente acústico es en la ciudad de Sheffield, Inglaterra. En la estación de trenes se usa un complejo sistema de fuentes y barreras de ruido para el enmascaramiento del sonido del tráfico procedente de la carretera principal. El agua de las fuentes y el metal de las barreras acústicas representan el río y la industria del acero que son símbolos clave de la historia de esta ciudad.



Figura 5.13. Estación principal de trenes de Sheffield (Inglaterra). Fuente:
<http://www.kinlochservices.com/commercial-paving/sheffield-train-station/>

La atenuación del ruido puede obtenerse mediante barreras de ingeniería o por obstáculos naturales. La utilización de plantas es muy común porque las plantas pueden producir muchos beneficios contemporáneos como la cubierta del suelo, el hábitat para los animales, la absorción de contaminantes atmosféricos, la vista escénica y finalmente una barrera de sonido. Las paredes verdes pueden, si están construidas apropiadamente, reducir hasta 40dB de ruido y vibración al aire libre.

Se ha investigado el nivel de absorción acústica de seis especies de plantas perennes.⁶⁹ Cada planta demostró una respuesta específica del espectro. La cantidad de reducción de ruido depende no sólo de la especie de plantas individuales, sino también de la disposición de diferentes especies de acuerdo con el ruido ambiental.

⁶⁹ Yang Fan, Bao Zhiyi, Zhu Zhujun, Liu Jiani et al (2010), *The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise-Reducing Spectrum*.

En este estudio se sugiere el uso de especies que tienen un espectro de reducción de ruido más similar al ruido ambiental, y la combinación de diferentes especies es posible para mejorar el efecto de atenuación. Han descubierto que la forma y peso de las hojas y la tautilidad foliar afectan directamente al valor de atenuación del ruido. Los picos de atenuación son realizados por la especie, pero su disposición es el principal factor responsable del grado de atenuación.

Los jardines verticales son una nueva tendencia en arquitectura sostenible que consiste en cubrir las fachadas de los edificios de plantas, arbustos y musgos, permitiendo así crear edificios más respetuosos con el medio ambiente y reducir de forma natural los efectos de la contaminación acústica.

5. APLICACIONES



Figura 5.14. Ejemplos de jardines verticales urbanos. De arriba a abajo: Green Parking Garage de Avignon, Puente Max Juvenal Aix en Provence y el museo Quai Branly-Jacques Chirac de París. Fuente: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/>

El diseño acústico representa una actividad importante para mejorar el entorno sonoro en los espacios urbanos. La música y las cascadas de las fuentes pueden enmascarar adecuadamente el ruido del tráfico, transformando los espacios abiertos en una dimensión cómoda.

La inclusión del verde en el contexto urbano crea barreras naturales al ruido del tráfico y añade canciones de pájaros e insectos. En algunos casos se han utilizado reproducciones por altavoces para imitar sonidos naturales.

Diseñar una zona tranquila no significa excluir cada sonido; un paisaje sonoro silencioso natural no se refiere al silencio, sino a la presencia de fuentes de sonido natural.

Los componentes de la quietud natural incluyen el viento que sopla a través de un bosque, el balbuceo del agua en un arroyo, el aullido de una manada de lobos, el chirrido de un pájaro, el rumor de una avalancha, un trueno y una tormenta.

El proyecto que se realizó en Nauener Platz, Berlín,⁷⁰ logró de forma exitosa la reducción del ruido de baja frecuencia mediante la colocación de una pared de gaviones a lo largo de una de las vías principales y una serie de “islas de audio” integrando los sonidos deseables para la gente. La mejora de la experiencia de los paisajes sonoros se midió utilizando métodos de entrevistas y paseos sonoros.

⁷⁰ B. Schulte-Fortamp, et al (2010), *The daily rhythm of the soundscape “Nauener Platz” in Berlin*.



Figura 5.15. Pared de gaviones (izquierda) e islas de audio (centro y derecha) en el parque Nauener Platz de Berlín (Alemania). Fuente: Fortkamp (2010).

Esta remodelación fue galardonada en 2012 con el European Soundscape Award de la Agencia Europea de Medio Ambiente y la UK Noise Abatement Society.⁷¹

En Brighton y Hove, en el Reino Unido, se llevó a cabo un proyecto en toda la ciudad utilizando los principios del paisaje sonoro⁷². El Ayuntamiento y The Noise Abatement Society trabajaron juntos en una serie de demostraciones, incluyendo: West Street Story, West Street Tunnel y Valley Gardens.

El proyecto Street Story se hizo en un ambiente de ocio nocturno utilizando una instalación de audio tridimensional. Los resultados fueron un mejor comportamiento de la muchedumbre y una menor necesidad de presencia policial en la zona. Lo que se demostró a través de análisis de observación del lenguaje corporal de una serie de videos. El proyecto West Street Tunnel fue un experimento de seguimiento en un tunel peatonal que había sido cerrado debido al comportamiento antisocial y el ruido. Los sonidos seleccionados que se

⁷¹<http://www.eea.europa.eu/highlights/berlin-park-wins-award-for>

⁷²Easteal (2014), *Urban Sound Planning in Brighton and Hove*, Forum Acusticum, Kraków.

agregaron demostraron que ayudan a minimizar el desorden público y aumentar sentimientos de seguridad entre los que pasaban por el túnel. En el Valley Gardens, se realizaron análisis de paisajes sonoros para implementar la gestión del entorno acústico en un esquema más amplio de regeneración urbana. Las intervenciones ayudaron a los residentes a sentirse más seguros, a sufrir menos por la contaminación acústica, y aumentar la cohesión social a través de la colaboración en toda la ciudad.

Las experiencias prácticas presentadas en este trabajo mostraron cómo el enfoque del paisaje sonoro puede ayudar a mitigar el comportamiento antisocial y promover la seguridad y la calidad de vida a través de su capacidad para impactar positivamente el bienestar psicológico y fisiológico de los ciudadanos. Puede ayudar a construir la cohesión social entre los residentes, ya que trabajan juntos para definir claramente los valores de uso social de los espacios urbanos y acordar qué sonidos son apropiados y cuándo.

La previsión y el compromiso de Brighton y Hove City muestran cómo los enfoques prácticos hacia mejores paisajes sonoros locales pueden integrarse en la política a nivel administrativo local.

Cada vez más, el estudio del sonido urbano se está convirtiendo en un campo de investigación establecido en muchas partes del mundo, con diversos métodos, modelos y maneras estandarizadas de expresar los resultados. Los estudios que ofrece la Ecología Acústica representan un campo de investigación emergente y excitante que unifica las áreas independientes relacionadas con el sonido y el medio ambiente. Aunque los experimentos sonoros hasta el momento se han centrado en la contaminación acústica, muchos científicos y planificadores de hoy argumentan, por la necesidad de hacer acústica ambiental, un programa de estudio con un diseño innovador para sacar a la luz los aspectos positivos del sonido en el medio urbano.

Tal es el caso del proyecto *Holistic City Soundscapes*⁷³ que dirige el profesor de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón y colabora el fonografista Juanjo Palacios. El objetivo principal de este trabajo es conseguir un método innovador para medir el paisaje sonoro urbano de la ciudad de Gijón (Asturias), incorporando las percepciones y sensaciones humanas. De esta manera, se quiere sustituir los actuales mapas de ruido que únicamente tienen en cuenta el nivel de presión sonora, por un “atlas sonoro” capaz de establecer una relación más cercana entre sonido y ciudad.

En una entrevista a un periódico local el profesor Javier recalca: “*Se trata de concebir el ruido como un recurso no como un residuo, algo que hay que integrar en la reflexión sobre el modelo urbano deseable.*”⁷⁴

Hay espacio para mucha innovación y experimentación sobre cómo el diseño, la arquitectura y el uso de diferentes materiales y diferentes tipos de especies vegetales y otros organismos pueden crear juntos un nuevo tipo de ambiente sonoro, no sólo la reducción del ruido y los sonidos naturales, sino la creación de un entorno híbrido sonoro que sea la firma de lo que es urbano.

5.5. ARTE SONORO

Desde la década de los setenta se entiende el arte sonoro como la organización temporal y espacio temporal de los objetos sonoros con una intencionalidad artística. Tiene diferentes nociones del sonido, la escucha y la audición. Es decir, se define Arte Sonoro como la fusión de distintos lenguajes artísticos donde el sonido es el conductor y eje principal de la obra.⁷⁵

⁷³ Javier Suarez Quiros, Juanjo Palacios (2015), *Holistic City Soundscapes*, EPI Gijón, Universidad de Oviedo.

⁷⁴ Fuente: <http://www.elcomercio.es/gijon/201502/18/ciudad-busca-diseno-sonido-20150218001809-v.html>

⁷⁵ <http://www.oxfordmusiconline.com>

En cuanto al paisaje sonoro se refiere sirve de inspiración y ambientación al artista sonoro. Es decir, utiliza los sonidos y ruidos del medio en el que se encuentra para posteriormente usarlos de una forma artística, para la composición de canciones, poesía o para ambientar un lugar en un cuadro o una escultura.

Durante los últimos años el Arte Sonoro ha ido creciendo exponencialmente intentando llevar esta disciplina a la concienciación social sobre la importancia de la escucha y los sonidos que la rodea y a su vez produce.



Figura 5.16. Instalación sonora Dialogo Social de Juanjo Palacios y Lorena Lozano, en Laboral Centro de Arte Gijón (Asturias). Imagen: Marcos Morilla. Fuente: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1666363580056774&set=a.140184952674652.2384.100000494431918&type=3&theater>

La fonografía permitió que los sonidos tuvieran permanencia y disponibilidad para ser reproducidos y escuchados en cualquier momento. La

posibilidad de grabarlos y reproducirlos les agregó cualidades nuevas como portabilidad, transmisibilidad y la editabilidad.

Este nuevo conocimiento en el campo de la percepción y el uso de nuevas tecnologías, generaron atracciones novedosas pues eran registros nunca antes apreciados por el hombre, pero que no influenciaron a compositores y artistas hasta bien entrado el siglo XX. El desarrollo de las tecnologías de registro físico y reproducción del sonido fomentó el uso de nuevos formatos que expandieron lo interior y exterior del espíritu humano, como una forma novedosa del hacer y materializar lo intangible como es el sonido.

Diversos grupos han documentado diferentes paisajes sonoros bajo un enfoque más fonográfico, por analogía con la documentación fotográfica, que enmarca y re-presenta su materia sin apenas tratamiento. Otros han seguido un planteamiento más compositivo, transformando el material grabado en documentos sonoros que podemos escuchar de forma parecida a la música. Sin embargo, este tipo de «composición» de paisaje sonoro siempre conserva rasgos reconocibles del entorno originario —o de un paisaje sonoro imaginado o simulado—, a fin de evocar en el oyente sus experiencias y asociaciones relativas a ese entorno. De hecho, ambos tipos de presentación pueden escucharse con la misma atención e intensidad que un concierto de música en un auditorio, con la diferencia de perseguir no sólo un efecto estético sino también, elevar la conciencia social de la audiencia.

El proyecto *A Guide to the Birdsong of South America* es un álbum creado por diez músicos y productores latinoamericanos que busca salvar algunas especies de aves del continente que están en vía de extinción. Cada artista tomó el sonido de un pájaro de su país y a partir de su cantó creó una canción. El

objetivo de este trabajo es crear conciencia sobre las especies que están en peligro de extinción.⁷⁶

5.6. DISEÑO SONORO EN PRODUCTOS INDUSTRIALES

El diseño industrial plantea varias especialidades de diseño: diseño de productos, diseño visual y diseño de interiores. Esta categorización está hecha por una línea de diseño que excluye todo lo referente al diseño sonoro. El término diseño acústico o sonoro surge a partir de los estudios de ecología acústica que comenzaron en la década de los sesenta.⁷⁷ Sin embargo éste ya era utilizado en la industria cinematográfica con el desarrollo de las bandas sonoras y la radiofonía.

El diseño industrial tuvo su nacimiento en el tiempo de la Bauhaus (nombre derivado de la unión de las palabras en alemán *Bau*: construcción y *Haus*: casa). Fue la primera escuela de diseño del siglo XX y un referente internacional de la arquitectura, el arte y el diseño.

El objetivo de las escuelas fue reformar la enseñanza de las artes para lograr una transformación de la sociedad burguesa. Con ella se trata de unir todas las artes estableciendo así una nueva estética que abarcaría todos los ámbitos de la vida cotidiana.

Por primera vez, el diseño industrial y gráfico fueron considerados como profesiones ya que se establecieron las bases normativas y los fundamentos académicos tal y como se conocen en la actualidad.⁷⁸

⁷⁶ <https://rhythmandroots.bandcamp.com/album/a-guide-to-the-birdsong-of-south-america>

⁷⁷ Ver apartado 1.1 de este libro.

⁷⁸ Referencia: <http://www.cultier.es/bauhaus-la-primera-escuela-de-diseno-del-siglo-xx/>

La arquitectura que se desarrolló en esta época se ha convertido en un estilo internacional en arquitectura urbana que se puede encontrar en cualquier parte del mundo. Los materiales utilizados como el acero y el vidrio eran sinónimos de belleza funcional en el diseño de la Bauhaus. Junto con el hormigón conforman hoy las superficies altamente reflectantes de los edificios en los centros urbanos. Acústicamente estos entornos crean el llamado efecto cañón, en el cual el hormigón, el acero y el vidrio sirven como enormes superficies reflectantes del sonido.



Figura 5.17. Edificio de la Bauhaus en Dessau, Alemania. Fuente:
<http://www.vanhouse.es/que-es-vanhouse/>

El control artificial de aire y luz se ha convertido en un aspecto integral de este tipo de diseño de edificios, en los que las ventanas no pueden abrirse. Desde un punto de vista sonoro esto se traduce en zumbidos eléctricos de la iluminación

artificial y en sonidos de banda ancha del aire acondicionado y los producidos por los sistemas externos de los edificios.⁷⁹

Esto mismo ocurre con todos los aparatos y electrodomésticos que se encuentran en la vida cotidiana de las personas. Se lleva mucho tiempo diseñando desde un punto de vista visual sin tener en cuenta las consecuencias sonoras. Por tanto el diseño industrial en el contexto de los estudios sobre paisaje sonoro se encuentra en oposición directa al llamado diseño acústico.

El diseño sonoro relacionado con espacios abiertos, recintos y objetos no se desarrolla como disciplina hasta que comienzan los estudios sobre paisaje sonoro.

Los sonidos pueden asociarse con valores, por ejemplo el sonido del tubo de escape de un coche puede asociarse con el estatus y las comodidades o ventajas que ofrece el automóvil a un consumidor. También se refleja la identidad de una marca a través del sonido. Tal es así que a nivel de los diseñadores industriales se maneja el concepto de que, extrayendo el sonido completamente del producto éste pierde su identidad. Es por ello la importancia de la realización de un diseño sonoro adecuado. El sonido puede llegar a tener tanta importancia como el aspecto visual al momento de identificar un producto.⁸⁰

Hoy en día algunos productos de mercado tienen un diseño acústico dirigido ampliamente a los sonidos agregados (sonidos que se agregan al producto con una determinada intención) y no así a los sonidos residuales (sonidos que se producen como consecuencia del normal funcionamiento del aparato).

⁷⁹ Hildegard Westerkamp, et al (2002), *Bauhaus and Soundscape Studies*.

⁸⁰ Hernando Lodos, et al. (2011), *Lo emocional en las marcas*.

El usuario puede elegir entre una amplia gama de diseños visuales mientras que no existe variedad para la elección de un diseño sonoro.

En un estudio llevado a cabo por el Estudio de Música Electroacústica (EME) de la Escuela Universitaria de Música de Uruguay, se hace una comparativa sobre el diseño acústico de electrodomésticos. Aplicando las técnicas de la ecología acústica se llegó a la conclusión de que el sonido no es una prioridad a la hora de elegir un producto como sí lo puede ser la marca y el precio. Lo que constataron es que el sonido producido por los electrodomésticos informa al usuario sobre su funcionamiento, pero puede llegar a causar molestias significativas. Se cree que es una molestia permitida por que no es constante.

“De hecho, constatamos que a partir de nuestro trabajo los integrantes del grupo y muchos de los encuestados cambiaron la escucha cotidiana. Se tomó conciencia de la importancia que tienen los sonidos, tanto la información que ellos brindan como los atributos positivos y/o negativos que poseen”⁸¹

El proyecto *Sound Design Toolkit*⁸² es una metodología para el diseño sonoro de productos industriales mediante parámetros acústicos, perceptivos y afectivos. Pretende ser una experiencia pionera en la aplicación de la teoría de Murray Schafer al comportamiento sonoro de los productos que acompañan al hombre cotidianamente.

Mediante este proyecto se cuestiona el tipo de paisaje sonoro que generan dichos productos y cómo medirlo y compararlo. Hace una conexión entre dicho paisaje y la relación que establece entre producto y usuario en los distintos niveles de interacción.

La configuración y los efectos del paisaje sonoro son un factor estratégico en el diseño de productos industriales para el mercado eléctrico.

⁸¹ *Diseño acústico de los electrodomésticos de uso cotidiano*. Estudio de Música Electroacústica de Uruguay (2003).

⁸² Javier Suarez Quirós (2016).

5.7. SANIDAD

Recientemente se han elaborado estudios para valorar el impacto del ambiente acústico en hospitales y así demostrar cómo afecta negativamente a los profesionales y a los pacientes.

El conjunto de sistemas de vigilancia, las bombas de administración de fármacos y los aparatos de respiración generan sonidos y además se conectan con alarmas que hacen ruidos de alerta útiles para el personal. También se encuentran los sonidos pertenecientes a las conversaciones y a la actividad de los profesionales y visitantes del hospital.

Todo este entorno acústico puede ser perjudicial para el estado mental y emocional del paciente y de los trabajadores.

En el documental *In Pursuit of Silence* (En busca del silencio)⁸³, se muestra el creciente margen de error en las decisiones médicas a causa de diversos tipos de distracciones y estados en los que los doctores se someten dentro de la atmósfera del hospital, donde los niveles de ruido son identificados dentro de los factores que afectan más negativamente. Además hay sonidos y espacios que están constantemente envueltos en ciertos tonos que ejercen una influencia emocional, anímica e incluso física sobre los pacientes.

Estos motivos son los que un grupo de expertos se ha propuesto analizar y tratar, reuniendo músicos, ingenieros acústicos y profesionales de la salud para buscar vías de reformular el entorno sonoro de un hospital. Para ello han propuesto varias medidas, desde utilizar dispositivos que alerten silenciosamente a las enfermeras, hasta máquinas de monitoreo vital sin el típico “beep” o incluso

⁸³ <http://www.pursuitofsilence.com/home/>

cambios en sonidos y anuncios reproducidos en los corredores, reemplazados en este caso por música ambiente.⁸⁴

La artista Yoko Kamitani Sen, creadora del proyecto *Sen Sound*, propone un nuevo diseño sonoro de los aparatos de monitoreo, transformando sus sonidos en música electrónica. La idea surgió después de una experiencia personal en el hospital en la que cuenta haber estado “*aterrorizada por los sonidos la habitación*”.

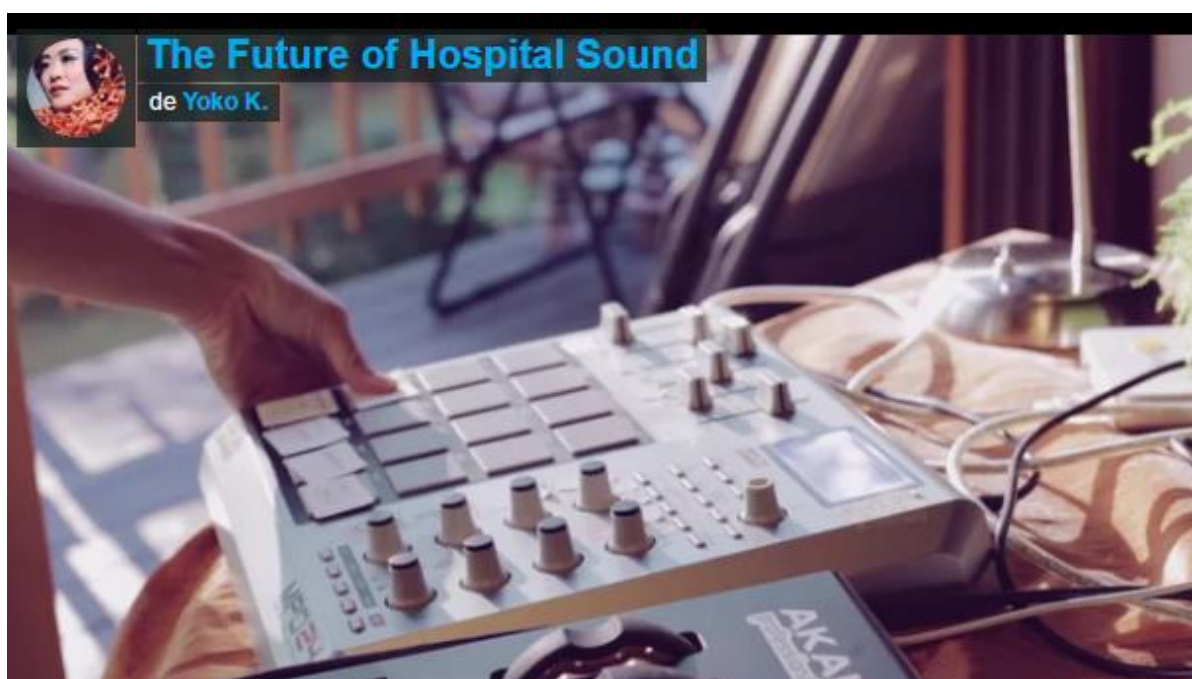


Figura 5.18. Imagen del documental Sen Sound. Fuente:
<http://www.sensound.space/>

En 2011 en España el hospital Vall d'Hebron, inició un plan experimental en el que los pacientes de la UCI se despertaban con música durante la retirada de la sedación.

⁸⁴ Jamie B. Mackrill, Rebecca Cain, Paul Jennings et al. (2013), *Experiencing the hospital ward soundscape: Towards a model*.

El investigador Daniel Jiménez explica que los pacientes suelen despertar con tubos en la boca, sintiendo los efectos de la sedación, escuchando múltiples ruidos y sin familiares a su alrededor lo que les genera una gran ansiedad emocional y fisiológica.

Se utilizaron sonidos de la naturaleza, tales como pájaros, cascadas. Todo para evocar un paisaje sonoro tranquilo para conectar de nuevo con el medio externo.

La iniciativa tuvo una gran acogida, la mayoría de los pacientes aseguraron que la música había reducido su nivel de ansiedad al despertar.⁸⁵

5.8. EDUCACIÓN

Murray Schafer, dijo en los años setenta, que las habilidades de escuchar se incluyeran en los planes de estudios nacionales.

Aunque hoy en día no se ha conseguido, existen algunos proyectos innovadores bastante recientes sobre la escucha en colegios como *El Sueño de Tesla*, asociación cultural que se ha propuesto fomentar la percepción del entorno a través de los sonidos y concienciar sobre ecología acústica.

Para ello, ha puesto en marcha un proyecto a largo plazo que consiste en “enseñar a escuchar”. El colegio La Biznaga de Málaga ha sido el primero en acoger un Laboratorio Sonoro.

Durante cinco jornadas, unos cuarenta alumnos de Infantil de esta escuela han experimentado con un teclado, un grabador digital y un controlador MIDI con 64 botones con los que se pueden lanzar sonidos. De esta forma, además, se hacen más consciente de la importancia de ciertos sonidos.

⁸⁵

<http://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20110619/54172888410/los-pacientes-de-la-uci-del-hospital-vall-d-hebron-se-despiertan-con-musica.html>

Andrés Garachana, director del proyecto, destaca que hace falta concienciar a la gente sobre la ecología acústica, sobre todo, teniendo en cuenta que España es uno de los países más ruidosos del mundo.⁸⁶

El paisaje sonoro a nivel didáctico ofrece grandes posibilidades para ayudar a la concienciación social y a fomentar mejores métodos en el aprendizaje sobre contaminación acústica.



Figura 5.19. Alumnos del Colegio La Biznaga en Málaga experimentando con el sonido. Fuente:
http://www.elmundo.es/elmundo/2010/06/12/andalucia_malaga/1276362760.html

⁸⁶ Fuente: http://www.elmundo.es/elmundo/2010/06/12/andalucia_malaga/1276362760.html

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

La contaminación acústica es un fenómeno mundial en crecimiento que afecta a millones de individuos. Sólo en Europa 80 millones de personas están expuestas a una dosis inaceptable de ruido. En un país subdesarrollado, la exposición al ruido tiene un impacto importante.

El paisaje sonoro de los espacios urbanos es un sistema complejo en el que componentes físicos, psicológicos y sociales coinciden con la evaluación sonora humana. Un entorno sonoro de alta calidad en las zonas urbanas significa no sólo un bajo nivel de energía sino también la presencia de elementos naturales como espacios verdes y una biodiversidad tangible.

Los objetos sonoros y visuales son actores importantes en el paisaje urbano, pero el sonido tiene caracteres distintivos en comparación con los objetos visuales. De hecho, el sonido no tiene frontera precisa y es omnipresente; La armonización auditiva es temporal y es un campo de energía. Un sonido podría ser menos rico en información, pero lleno de emoción. La clasificación de un paisaje sonoro depende en gran medida de la habilidad individual, la experiencia, la atención, el modelo cultural y el estrato social y económico.

La combinación de señales visuales y acústicas crea un espacio informativo que puede ser útil para gestionar y reducir el ruido antropofónico y mejorar definitivamente la calidad del paisaje sonoro.

La planificación urbana debe incluir requisitos de zonificación más explícitos para las nuevas construcciones, lo que nos ofrece la posibilidad de diseñar paisajes sonoros. Sin embargo, también debe haber una oportunidad para que la gente elija su ambiente sonoro. Sería imprudente imponer una estética general de tal manera que podamos tener una estética visual general, ya que los sonidos se perciben a menudo más subjetivamente que los objetos visuales.

La ecología acústica no es sólo un nuevo aspecto interesante de los estudios urbanos. Creo que a través de la novedosa integración de la arquitectura del paisaje, la ecología, la acústica, la psicología, el diseño innovador, etc., el diseño de los paisajes sonoros será crucial para la futura planificación de la ciudad: construir ciudades sostenibles y agradables.

La distinción es totalmente situacional, pero cuando estamos diseñando paisajes sonoros debemos preguntarnos qué es lo que la gente tratará de enfocar y qué antecedentes será más propicio para que eso suceda. En algunos paisajes sonoros, el fondo se convierte efectivamente en primer plano: la conversación no es la función principal en un club nocturno o en un partido de fútbol.

La pregunta en todos los casos es: ¿qué es útil, apropiado y eficaz dada la naturaleza del espacio, su función, la gente en ella y la marca o los valores detrás de ella? Cada espacio tiene un paisaje sonoro, y cada paisaje sonoro debe ser diseñado para ser apropiado y eficaz, así como congruente con los mensajes que se reciben a través de todos los otros sentidos.

Se trata de diseñar una experiencia, no una apariencia, para que tengamos espacios que suenen tan bien como se vean, adecuados para su propósito, que

mejoren nuestra calidad de vida, nuestra salud y bienestar, nuestro comportamiento social y nuestra productividad.

La ecología acústica brinda todas las herramientas necesarias tanto para una planificación del entorno sonoro como para su conservación.

Es de vital importancia ser consciente de lo que escuchamos para poder mejorarlo. Hay infinidad de estudios e investigaciones al respecto sobre el paisaje sonoro y cómo influye en nosotros. Es necesaria la unión de la parte técnica y artística- emocional del sonido para poder crear espacios sostenibles. Creo que es hora de empezar a diseñar por y para los oídos. Tenemos las herramientas y la tecnología para lograrlo sólo falta despertar la conciencia social.

BIBLIOGRAFÍA

Libros y Artículos

- A. L. Brown, A. Muhar, et al. (2004), *An Approach to the Acoustic Design of Outdoor Space*. Vol 47, N° 6, pp. 827 – 842.
- Alain Léobon, et al. (1995), *La Qualification des Ambiances Sonores Urbaines*. Revue Natures Vol. III, No 1, pp. 26-41.
- Almo Farina, et al. (2000), *Principles, theory, and models*.
- Almo Farina, et al. (2013), *Application of landscape and soundscape ecology to the Mediterranean Region*.
- Ana Lozano, et al. (2014), *ACI (Acoustic Complexity Index): Nueva herramienta para el estudio del canto de anuros*.
- Ana María Salazar Bugueño, *Pérdida auditiva por contaminación acústica laboral en Santiago de Chile* (2012), Tesis Doctoral Universitat de Barcelona.
- Arturo Raúl Maristany, et al. (2016), *Paisaje sonoro urbano “soundwalk” como método de análisis integral*. Vol.2, p44 – p56.
- B. Schulte-Fortkamp, et al. (2010), *The daily rhythm of the soundscape “Nauener Platz” in Berlin*.
- Bani Szeremeta, Paulo Henrique Trombetta Zannin, et al. (2009), *Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement noise*.

- Barbara Lebiedowska, et al. (2007), *Acoustic background and transport noise in urbanized areas: A note on the relative classification of the city soundscape*.
- Barry Truax (1984), *Acoustic Communication*, Nueva York.
- Belén Abellán Pérez, *¿Se puede reconstruir un paisaje sonoro? Análisis y propuesta de trabajo*. pp.15 – 27, pp. 72 – 95, IES Francisco de Goya, Murcia, (2014).
- Bernard L. Krause, (1996) *Notes from the Wild: The Nature Recording Expeditions of Bernie Krause*, New York.
- Bernard L. Krause, (2013), TEDGlobal, *The Voice of natural world*.
- Bert Coensel et al. (2006), *The quiet Rural soundscape and How to characterize it*.
- Botteldooren et al. (2006), *The temporal structure of urban soundscapes*.
- Brian C. Pijanowski, Luis J. Villanueva-Rivera, Sarah L. Dumyahn, Almo Farina, Bernie L. Krause, Brian M. Napoletano, Stuart H. Gage, Nadie Pieretti, et al.(2011), *Soundscape Ecology The Science of Sound in the Landscape*. Vol. 61, No. 3, pp. 203-216.
- Bruce Davis, Barry Truax, R. Murray Schafer (1977), *Five Village Soundscape*, Vancouver.
- Carlos Iglesias Merchán, *Planificación acústica y paisajes sonoros: Conceptos técnicos y bases científicas para su gestión en espacios naturales protegidos y en medios urbanos*. CONAMA (Congreso Nacional de Medioambiente), 2014.

- Catherine Semidor, et al. (2005), *Characterization of urban soundscape using psychoacoustic criteria*. Rio de Janeiro.
- Cessford GR, et al. (2000), *Noise impact issues on the Great Walks of New Zealand*, Vol 4, pp 69 – 76.
- Claudio Eiriz et al. (2012), *Una guía comentada acerca de la tipología y morfología de Pierre Schaeffer*.
- D. Botteldooren, B. De Coensel, T. De Muer et al. (2006), *The temporal structure of urban soundscapes*.
- Daniel T. Blumstein et al. (2011), *Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus*.
- Darren Copeland et al. (1994), *Ten Questions For A Listener*.
- David Sonnenschein, *Sound Design: The Expressive Power of Music Voice and Sound Effects in Cinema*. Chapter 4. (2001), Seattle.
- Denise Risch, et al. (2013), *Baleen whale acoustic ecology with focus on minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) and reference to anthropogenic noise*.
- Eberhard Zwicker, Hugo Fastl, *Psychoacoustics: Facts and Models*, (1999), Berlín.
- Eberhard Zwicker, *Subdivision of audible frequency range into a critical bands*, p.248 (1961).
- F. Alton Everest, *Master Handbook of Acoustics*.(2001)
- G.R. Wattss, Rob Pheasant, Kriill V, Horoshenkov, Laura Ragonesi, et al. (2009), *Measurement and Subjective Assessment of Water Generated Sounds*.

- Gabriela Guadalupe Barrios García y Carlos Emilio Ruiz Llaven, *El Paisaje Sonoro y Sus Elementos*, www.archivosonoro.org
- Gordon Hempton, *Earth is a Solar Powered Jukebox*, (2016).
- Gustavo Basso, Conferencia ENEAC 1994.
- Hernando Lodos, et al. (2011), *Lo emocional en las marcas*. Universidad de Palermo. Buenos Aires.
- Hildegard Westerkamp, et al. (2002) *Bauhaus and Soundscape Studies*.
- Hildegard Westerkamp, *The Disruptive Nature of Listening*. Keynote Presentation at The International Symposium on Electronic Art. Vancouver, Canada. (2015).
- Hildegard Weterkamp, et al. (1974), *Soundwalking*.
- Inma Mejía, et al. (2010), *La asignatura de aprender a escuchar*. Periódico El Mundo, Málaga.
- J. Kang, M. Zhang, et al. (2009), *Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces*.
- Jackeline Waldock, et al. *Soundmapping: Critiques And Reflections On This New Publicly Engaging Medium*. (2011).
- Jacob Damsky, Megan D. Gall, et al. (2017), *Anthropogenic noise reduces approach of Black-capped Chickadee and Tufted Titmouse to Tufted Titmouse mobbing calls*. The Condor, Vol 119, No. 1, pp. 26 – 33.
- Jaime Donosio, *Nuevas Consideraciones sobre música y sociedad. El derecho al silencio y derecho a la música*, (1996), Chile.

- James Pritchett, et al. (2008), *Lo que el silencio enseñó a John Cage: La historia de 4'33''*.
- Jamie B Mackrill, Rebecca Cain, Paul Jennings et al. (2013), *Experiencing the hospital ward soundscape: Towards a model*.
- Javier Suarez Quirós, Juanjo Palacios (2015), *Holistic City Soundscapes*, EPI Gijón, Universidad de Oviedo.
- Jérôme Sueur, et al. (2008), *Rapid Acoustic Survey for Biodiversity Appraisal*.
- José Luis Carles, *El paisaje sonoro, una herramienta interdisciplinar: análisis, creación y pedagogía con el sonido*. Centro Virtual Cervantes.
- Juan Gil Lopez, *Cartografiando el Sonido*, (2010), IV Encuentro Iberoamericano de Paisaje Sonoro. Fonoteca Nacional de México.
- Julio Díaz Jiménez, Cristina Linares, et al. (2015), *Efectos en salud del ruido de tráfico: Más allá de las molestias*. Instituto de Salud Carlos III.
- Kang et al. (2016), *Ten questions on the soundscapes of the built environment*.
- Klaus Genuilt, André Fiebig, et al. (2006), *Psychoacoustics and its Benefit for the Soundscape Approach*.
- Lars Witell, Martin Lofgren, Jens Jörn Dahlgaard, *Theory of attractive quality and the Kano methodology: the past, the present, and the future*. (2013), Total Quality Management and Business Excellence, (24), 11-12, 1241-1252.
- Lei Yu, Jian Kang, et al. (2008), *Effects of social, demographical and behavioral factors on the sound level evaluation in urban open spaces*.

- M. Arana, R. San Martín, I. Nagore, D. Pérez, et al. (2009), *Using Noise Mapping to Evaluate the Percentage of People Affected by Noise*.
- Madalena Cunha, Nélío Silva et al. (2014), *Hospital noise and patients' wellbeing*.
- Manon Raimbault, Catherine Lavandier, Michel Bérengier, et al. (2003), *Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities*.
- Manon Raimbault, Danièle Dubois, et al. (2005) *Urban soundscapes: Experiences and knowledge*, Volumen 22, p.339 – p.350.
- Marion Depraetere, et al (2011), *Ecological Indicators*.
- Mats Nilsson, Dick Botteldooren, Bert De Coensel, et al. (2007), *Acoustic indicators of soundscape quality and noise annoyance in outdoor urban areas*. 19th International Congress on Acoustics.
- Matthew Easteal, Simon Bannister, Jian Kang, Francesco Aletta, Lisa Lavia y Harry Witchel, *Urban Sound Planning in Brighton and Hove*, (2014), Forum Acusticum, Kraków.
- Max Neuhaus, et al. (1994), *Sound Design*. Vienna: Triton.
- Michel Chion (1993), *La Audiovisión*, Capítulo 2, Buenos Aires
- Montserrat Serrano Vida, Jesús Gil Corral, (2003), *Temario de Música Vol.III*, p.303-p.309, España.
- N. Pieretti, A. Farina, D. Morri, et. Al. (2011), *A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI)*.

- Noriaki Kano, *Attractive quality and must-be quality*, (1984), Jpn Soc Quality Control.
- Paul Jennings, Rebeca Cain, et al (2013), *A framework for improving urban soundscapes*. Vol 74 pp. 293-299.
- Per Hedfors, et al. *Sonic tools for landscape architecture*.
- Philippe Woloszyn, Thomas Leduc, et al. (2016), *Urban Soundmarks Psychophysical Geodimensioning: Towards Ambient Pointers Geosystemic computation*.
- Pierre Schaeffer, (1966), *Traité des objets musicaux*. Paris.
- R. Murray Schafer (1977), *European Sound Diary*. The Aesthetic Research Centre (A.R.C.)
- R. Murray Schafer (1977), *The Tuning of the World*, Nueva York.
- R. Murray Schafer, (1998), *El Nuevo Paisaje Sonoro*, Buenos Aires.
- Ricardo Hernández Molina, Francisco Fernández Zacarías, José Luis Cueto Ancela, Ricardo Gey Flores, et al. (2013), *Las áreas naturales a través del análisis de su paisaje sonoro*. Revista de acústica Vol. 44, Nº. 1-2
- Shai Markman, et al. (2008), *Pollutants Increase Song Complexity and The Volume of the Brain Area HVC in a Songbird*.
- *Site Soundscapes, landscape architecture in the light of sound*, (2003), University of Agricultural Sciences, Suecia.
- Susana Espinosa (2006), *Ecología Acústica y Educación*, Argentina.
- Suzanne G. Cusick, et al. (2006), *Music as torture / Music as weapon*.

- Szeremeta B., Zannin P., (2009), *Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise*.
- TecNALIA, *Los silencios sonoros de Urkiola; registros sonoros en los parques naturales de Vizcaya* Diputación de Vizcaya, (2010).
- Thomas Elmqvist et al. (2013), *Designing the Urban Soundscape*.
- Tim Beatley et al. (2013), *Celebrating the Natural Soundscape of Cities*.
- Torsten Wissmann, (2016), *Geographies of urban sound*, New York.
- Villanueva-Rivera et al. (2011), *A primer of acoustic analysis for landscape ecologists*.
- W. Yang, J. Kang, (2005), *Acoustical comfort evaluation in urban open public spaces*. Vol.66, pp. 211 – 229.
- Wreford Miller, *Silence in the Contemporary Soundscape* (1993), Simon Fraser University, Canadá.
- Yang Fan, Bao Zhiyi, Zhu Zhujun, Liu Jiani et al. (2010), *The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise-Reducing Spectrum*.
- A. L. Brown, A. Muhar et Al. (2004), *An approach to the Acoustic Design of Outdoor Space*.
- Fastl et al. (2005), *Psycho-Acoustics and sound quality*.
- Hedblom et al. (2014), *Bird Song Diversity Influences Young People's Appreciation of urban landscapes*.
- McWilliam, Hawkins et al. (2013), *A comparison of inshore marine soundscapes*.

Páginas Web

- <http://acousticecology.us/>
- <http://balance-unbalance2017.org/>
- <http://croamagazine.es/el-paisaje-sonoro-como-espacio-de-resistencia-politica/>
- http://cultura.elpais.com/cultura/2011/05/06/actualidad/1304632802_850215.html
- http://cultura.elpais.com/cultura/2016/10/16/actualidad/1476638537_481085.html
- http://cvc.cervantes.es/artes/paisajes_sonoros/p_sonoros01/carles/carles_03.htm
- <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/mayo-9-del-2015/la-ecologia-acustica--legado-para-el-futuro>
- http://gcastro.webs.uvigo.es/PFC/Capitulo_uno_d.htm
- <http://lacomunidadverde.com/la-vegetacion-en-zonas-urbanas-reduce-los-niveles-de-ruido/2017/>
- <http://listentothedeep.net/acoustics/index.html>
- <http://locusonus.org/soundmap/051/>
- <http://macaulaylibrary.org/>
- <http://mapasonoru.com/>
- http://paisajesonoropeninsuladehualpen.blogspot.com.es/2011_10_01_archive.html

- <http://pelishop.es/pagina-inicial.htm>
- <http://recursostic.educacion.es/artes/rem/web/index.php/es/musica-educacion-y-tic/item/240-a-john-cage-le-gustaba-escuchar-el-silencio>
- <http://registromx.net/ws/?p=1157>
- <http://sndarticulos.blogspot.com.es/2009/01/05-artesana-sonora-ruidos-y-significado.html>
- <http://soundexplorations.blogspot.com.es/>
- <http://tascam.com/>
- <http://www.acousticecology.org/>
- <http://www.atlanticaxxi.com/arte-sonoro-asturias/>
- http://www.audio-technica.com/cms/wired_mics/a2c67abf775c91bf/
- http://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2014/04/140423_ultnot_misterio_ballenas_am
- http://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2014/04/140423_ultnot_misterio_ballenas_am
- <http://www.carlosdehita.es/>
- <http://www.contactmicrophones.com/>
- <http://www.directindustry.es/prod/bruel-and-kjaer/product-17114-564296.html>
- <http://www.eea.europa.eu/highlights/berlin-park-wins-award-for>
- <http://www.elcomercio.es/gijon/201502/18/ciudad-busca-diseno-sonido-20150218001809-v.html>

- http://www.elmundo.es/especiales/2008/05/ciencia/sonido_naturaleza/archivo.html
- <http://www.funjdiaz.net/folklore/07ficha.php?ID=1084>
- <http://www.gatorcases.com/audio-video.aspx>
- <http://www.inercoacustica.com/acustipedia/item/238-uso-de-niveles-percentiles-en-ruido>
- <http://www.march.es/arte/palma/exposiciones/arte-sonoro/?l=1>
- <http://www.nefsc.noaa.gov/psb/acoustics/psbAcousticsPeople.html>
- <http://www.opensoundneworleans.com/core/>
- <http://www.portabrace.com/recorders.html/>
- <http://www.rode.com/>
- <http://www.sfu.ca/~westerka/>
- <http://www.soundtracker.com/>
- <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations>
- <http://www.wildsanctuary.com/>
- <https://en-us.sennheiser.com/short-gun-tube-microphone-camera-films-mkh-416-p48u3>
- <https://lom.audio/>
- <https://pro.sony.com/bbsc/ssr/cat-audio/cat-recorders/product-PCMD100/>
- <https://rhythmandroots.bandcamp.com/album/a-guide-to-the-birdsong-of-south-america>

- <https://sensxperiment.es/2014/04/08/fonografia-y-paisaje-sonoro/>
- <https://www.awi.de>
- <https://www.awi.de/nc/en/about-us/service/press/press-release/an-der-neumayer-station.html>
- <https://www.hispasonic.com/reportajes/esferas-sonnenschein-modelo-psicoespacial-entrenamiento-escucha-diseno-sonido/40978>
- <https://www.hispasonic.com/tutoriales/recomendaciones-equipo-para-comenzar-grabacion-campo/41777>
- <https://www.nps.gov/subjects/sound/index.htm>
- <https://www.objc.io/issues/18-games/sound-design/>
- <https://www.roland.com/global/products/r-26/>
- <https://www.sounddevices.com/>
- https://www.thecorporatetoolbox.com/articles/soundscape_design_101
- <https://www.thomann.de/es/index.html>
- <https://www.zoom-na.com/products/field-video-recording/field-recording/zoom-h4n-handy-recorder>
- www.aislacustic.com/que-es-una-camara-anecoica/
- www.microfusa.com
- www.mymic.rycote.com
- <http://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20110619/54172888410/los-pacientes-de-la-uci-del-hospital-vall-d-hebron-se-despiertan-con-musica.html>

- <https://www.hispasonic.com/reportajes/imaginando-futuro-sonoro-hospitales-mediante-musica-electronica/42274>
- <http://www.pursuitofsilence.com/home/>
- <http://www.sensound.space/>