



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

CONTAMINACION ACUSTICA Y CULTURA DEL RUIDO.

Gustavo Jorge Basso, Ing. en Telecomunicaciones.
Acústica - Fac. de Bellas Artes - Univ. Nacional de La Plata
Calle 5 N° 84, La Plata (1900). Argentina
Tel.: 0054-21 25-9119; E-mail: basso@isis.unlp.edu.ar

RESUMEN

El ruido ha sido definido como sonido no deseado. Sus efectos sobre las personas pueden ser de variada índole, pero creemos que sólo están caracterizadas adecuadamente en las normas legales -que utilizan el decibel como unidad de medida- las patologías auditivas asociadas. No lo están, tal como tratamos de mostrar en este trabajo, las molestias que un ruido provoca. Se analizan a continuación algunos modelos de sociedad posible en base a las leyes y a la tecnología acústica actual, y se propone una enérgica acción educativa para modificar a largo plazo lo que hemos llamado la cultura del ruido.

ABSTRACT

Noise has been defined as a undesirable kind of sound, Its effect on people can be of a different sort but we consider their consequent hearing pathologies to be only adequately characterized in those regulations which use "decibel" as the proper unit of measurement. It is not such the case -as we try to prove in this paper- with regard to the annoyance noise produces. Thus some models of possible societies based on currently laws and acoustic technology are analyzed and strong educational measures are proposed in order to modify in the long run the so-called noise culture.

PALABRAS-CLAVE

Acústica; ruido; molestias; legislación.

INTRODUCCIÓN. DIFERENTES EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LAS PERSONAS

El ruido ha sido definido como sonido no deseado. También podemos pensar en él como aquel sonido que nos causa trastornos de alguna clase como, por ejemplo, un deterioro en la salud. Y es aquí donde nos enfrentamos a una nueva situación: en la actualidad existen ruidos que, aunque posean efectos patológicos, son *deseados*. En los recitales de música popular y una gran variedad de situaciones sociales, esta clase de ruido constituye un valor apreciado, imprescindible para el éxito del evento en muchos casos. Se puede decir, llegado este punto, que nos movemos en una *cultura del ruido* (Basso, 1994).

¿Qué sentido tiene, entonces, promover leyes que impongan límites a 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? Pero, además ¿cuáles son las situaciones que pretenden mejorar estas normas? Creemos que sólo una clara caracterización de los distintos efectos del ruido y de las diferentes situaciones ambientales y sociales atinentes permitiría modificar a largo plazo, junto a una enérgica acción educativa, esta cultura del ruido.

El sentido de la audición es complejo y delicado. Además de permitir la comunicación oral, aporta información vital sobre un entorno de 360° alrededor de la persona y no se desactiva al dormir. Pero, para que una persona

pueda desarrollar plenamente sus potencialidades auditivas, debe poseer un oído sano y educado; y debe conservarlo así. La exposición al ruido puede dañar el mecanismo de la audición y la magnitud del deterioro depende de la energía acústica recibida y, en cierto sentido, el efecto es acumulativo. Pero no todos los trastornos provocados por el ruido menoscaban nuestra sensibilidad auditiva: algunos afectan nuestro rendimiento en el trabajo, o nos degradan la calidad de vida. Los efectos del ruido sobre las personas pueden clasificarse en tres grandes grupos (Harris, 1979):

1. **Efectos audiológicos.** Uno de las consecuencias del ruido es la pérdida de sensibilidad auditiva. Esta pérdida puede ser permanente o temporaria, y se la describe mediante el aumento del umbral de audibilidad en función de la frecuencia. Aunque el tema es muy complejo, sobre todo cuando el estímulo acústico fluctúa en el tiempo y en la frecuencia, se puede considerar que estas patologías están relacionadas con la cantidad de energía que recibe el sujeto en un tiempo dado. Las normas vigentes ponen un límite a los niveles acústicos, expresados en dB(A) o dB(C), a los que puede someterse una persona en función del tiempo de exposición al ruido. En muchas de ellas se considera que los niveles inferiores a 75 dB(A) no producen efectos nocivos cualquiera que sea el tiempo de exposición.

2. **Efectos fisiológicos.** Además de los efectos sobre el sentido de la audición, el ruido produce trastornos fisiológicos que se manifiestan en forma de cambios en el control de los músculos voluntarios, en la transmisión nerviosa a los músculos autónomos y en el comportamiento del sistema simpático que, a través de las catecolaminas (especialmente la adrenalina) regula gran cantidad de funciones fisiológicas. En relación al presente trabajo, importa señalar que la medida del estímulo acústico dada en decibeles -tal como figura en las normas y legislaciones actuales- no parece estar suficientemente correlacionada con los efectos fisiológicos asociados.

3. **Molestias y alteración de comportamiento.** Arribamos ahora a un terreno en el que el ruido puede provocar molestias, incomodidades y alteraciones de conducta, e incrementar la excitación general del sistema nervioso, sin ser inmediatamente nocivo para la salud corporal. Es a través del aumento del stress que este efecto se vincula con el mencionado en el ítem anterior. Y es en el campo de las consecuencias psicológicas donde las variaciones de sensibilidad individual frente al ruido se muestran mayores. En este terreno, en especial, las normas estipuladas en valores máximos de dB(A) o dB(C) se muestran insuficientes para caracterizar los efectos del ruido, tal como se detalla a continuación.

IMPERFECTA CARACTERIZACIÓN DE LAS MOLESTIAS CAUSADAS POR EL RUIDO

Una de las causas de lo incompletas que resultan las recomendaciones legales es que éstas están dadas en decibeles (A o C) que no describen de modo adecuado la *sonoridad* provocada por un estímulo. La discrepancia entre el efecto perceptual y el estímulo leído en un decibelímetro obedece a las siguientes causas:

1) La medida de un estímulo acústico en decibeles es consecuencia directa de la utilización de las leyes de Weber y Fechner para describir el comportamiento perceptual del oído humano. De estas leyes se desprende la siguiente relación para el nivel de presión sonora en dB:

$$SPL = 20 \log \frac{p}{p_{ref}} ; \quad p_{ref} = 20 \mu Pa \quad (1)$$

Hoy en día, tras gran cantidad de experimentos sobre percepción, se cree que la sonoridad puede ser descrita aproximadamente, para niveles que superen los 40 dB, con la siguiente expresión (en Sones):

$$Sonoridad = \left(\frac{p}{100 p_{ref}} \right)^{0,6} \quad (2)$$

Si se comparan las expresiones (1) y (2) se ve claramente que la unidad de medida utilizada en las normas legales dadas en decibeles no representa de manera adecuada la sonoridad realmente percibida. Y es esta última es la que se relaciona directamente con el grado de molestias causadas por un ruido.

2) Otra discrepancia, más importante, se funda en que la evaluación de la sonoridad mediante un decibelímetro no considera más que la adición logarítmica de los distintos componentes de un espectro. Para ruidos de gran ancho de banda y espectro continuo el decibelímetro da una idea bastante acabada, una vez hecha la conversión a sones, de la sonoridad asociada a determinado ruido. Sin embargo, cuando el ruido está formado por una cantidad de componentes discretas o de banda angosta, la adición logarítmica deja de ser un procedimiento válido para todos los casos. Dentro de una *banda crítica* -intervalo de frecuencias en el que la respuesta subjetiva cambia abruptamente, con un ancho aproximado del 15 al 20 % de la frecuencia del centro de la banda, y que en notación musical equivale a una distancia de tercera menor (Plomp, 1965)-, la sensación de sonoridad depende de la cantidad total de energía recibida en dicha banda: las intensidades se suman y el resultado es bien representado por una relación logarítmica como el decibel. Pero, para estímulos que arriben a distintas bandas críticas bien separadas, la contribución a la sonoridad total de cada una de ellas es independiente de las otras: fuera del intervalo correspondiente a una banda crítica son aditivas las sonoridades. Por ejemplo, dos sinusoides de 300 y 330 Hz de $I = 2 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$, equivalentes a 73 dB y a una sonoridad de 13 sones cada una, al caer dentro de una misma banda crítica, equivalen a un estímulo de $2 \times I = 4 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$, que corresponden a 76 dB, es decir alrededor de 16 sones. Si, en cambio, las dos sinusoides caen en distintas bandas críticas, digamos 300 y 550 Hz, son las sonoridades las que se suman y el resultado es de $2 \times 13 = 26$ sones. Aunque en ambas situaciones un decibelímetro hubiera indicado lo mismo, el resultado perceptual es mucho mayor en el segundo caso. Es bien claro que la medición realizada en dB no describe adecuadamente la respuesta perceptual en el segundo de los casos planteados. Una situación más general, en el que se barren las diferencias en frecuencias entre el unísono (igualdad de frecuencias) y la doble octava (cuadruplicación de la frecuencia más baja) se puede ver en la Figura 1:

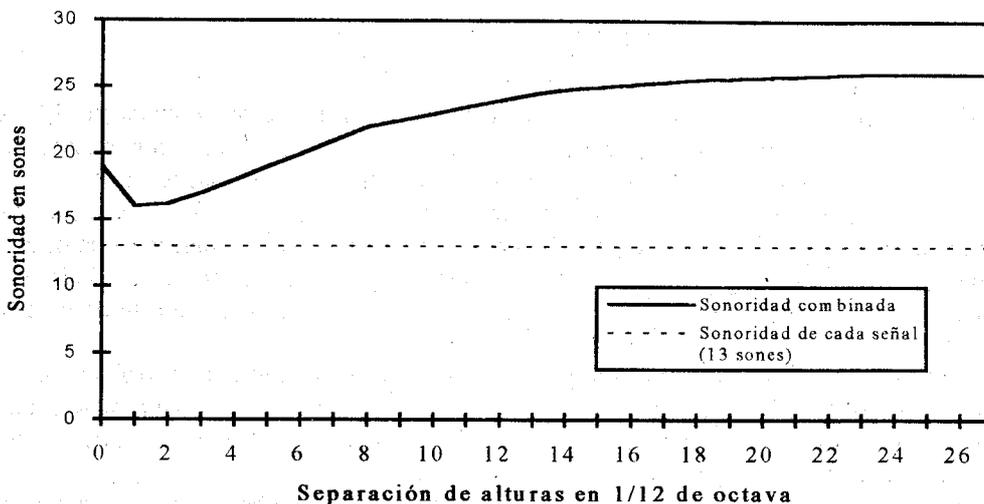


Figura 1. Sonoridad combinada de dos sinusoides de 13 sones cada una. La frecuencia de la menor es de 300 Hz.

El aumento de la sonoridad dentro del primer semitono de separación se debe a los efectos del batido entre las dos ondas.

3) La tercer diferencia entre la lectura en dB y la sonoridad real se debe a la ausencia, en las normas, de un específico patrón temporal. Casi todas contemplan sólo los casos de ruidos relativamente constantes en el tiempo y estáticos en el espectro. La información que se tiene sobre las molestias causadas por ruidos impulsivos o los de alta correlación y patrones de variación con períodos largos, de 0,5 a 10 s, hace que la evaluación de las molestias provocadas por esta clase de ruidos sea, hoy en día, difícil e incompleta.

4) Aún los análisis más detallados estipulados por algunas normas no hacen uso de bandas de frecuencia de menos de 1/3 de octava para el estudio de los estímulos acústicos. El conocimiento que en el presente tenemos sobre el complejo funcionamiento del sistema de la audición, incluyendo la separación fondo-figura y el juego de los múltiples patrones gestálticos, muestran que estos análisis tradicionales son, por lo menos en la determinación de las molestias provocadas por ruido, insuficientes (Krumshansl, 1990).

CREACIÓN DE RUIDOS MOLESTOS PERO NO ILEGALES

Dadas las discrepancias entre las normas legales y la percepción real apuntadas en el párrafo anterior, podemos hacer uso de ellas para elaborar señales más molestas que lo sugerido por sus mediciones dadas en dB(A) o dB(C).

Por ejemplo, si tomamos una serie armónica ($f_n = n f_1$) con ocho componentes de sonoridad $S_1 \dots S_8$, la sonoridad combinada, incluyendo en el cálculo el fenómeno de enmascaramiento, será:

$$S_{total} = S_1 + 0,75 S_2 + 0,50 S_3 + 0,50 S_4 + 0,30 S_5 + 0,20 (S_6 + S_7 + S_8) \quad (3)$$

Podemos mejorar el rendimiento perceptual de esta serie si mantenemos una distancia en altura constante entre las componentes en vez hacerla decrecer tal como ocurre en una serie armónica. Elegimos un intervalo de séptima mayor para evitar la identificación de octava, es decir (Matthews, 1980):

$$f_{n+1} = \frac{15}{8} f_n \quad (4)$$

Además, montamos sobre la anterior una serie cuyas frecuencias f_s guarde con la precedente una relación tal que

$$f_s = f_n \pm \Delta f_n ; \quad 5 \text{ Hz} \leq \Delta f_n \leq 30 \text{ Hz} \quad (5)$$

Δf_n varía estocásticamente entre 5 y 30 Hz de manera independiente para cada componente. El ciclo de la variación de Δf_n se completa en tiempos que varían entre 1 y 30 segundos. Este tratamiento provoca la existencia de batidos sumamente molestos y no predecibles perceptualmente (Schumacher, 1992).

De esta manera construimos una señal basada en algunos datos sobre la percepción auditiva, en especial la adición de sonoridades y el destaque figura-fondo, que debería producir molestias mayores que otra -de banda ancha y espectro constante en el tiempo- con igual lectura en dB(A). Tuvimos especial cuidado en no crear patrones que pudiesen ser identificados con estímulos conocidos o que se refiriesen a la historia personal de los sujetos a los cuales serían presentados.

Los resultados obtenidos en numerosos ensayos y tests (doble ciego), permitieron corroborar la capacidad perturbadora de esta señal frente a otras con niveles 15 o 20 dB(A) mayores. Incluso fue posible comprobar un alto porcentaje de quejas en sujetos que realizaban tareas intelectuales aún cuando la señal quedaba totalmente enmascarada, para el decibelímetro, por el ruido de fondo ambiente.

Como el objetivo del presente trabajo no pasa específicamente por la construcción de ruidos molestos, desistimos de perfeccionar la señal anterior y de realizar un detallado estudio estadístico de sus efectos. Lo visto nos sirvió para demostrar cualitativamente la discrepancia que existe entre la medición de un ruido en decibeles, tal como se establece en las normas legales vigentes, y el grado de las molestias causadas por ese mismo ruido.

La conclusión que se impone es que, si bien las normas legales parecen describir correctamente el riesgo de daño auditivo, estas mismas normas fallan al intentar una cuantificación de las molestias que produce determinado estímulo acústico. El panorama resulta aún más confuso debido a que no se explicitan los motivos (daño auditivo, trastornos a determinada actividad o molestias) que son tomados en consideración al fijarse los distintos valores máximos en decibeles. Para interpretar correctamente estas normas debemos conocer, además de la letra, el espíritu que les dió forma. En otros términos, tenemos que ser capaces de identificar el modelo sociológico del cual son consecuencia.

Ahora bien ¿cuál es el modelo de sociedad que subyace en las legislaciones actuales sobre control de ruido? Creemos que coexisten dos de ellos en un equilibrio inestable y que, llevados al límite, generan dos clases de situaciones acústicas y sociales diferentes.

DOS ESCENARIOS ACUSTICOS POSIBLES

Podemos imaginar ahora dos escenarios acústicos, y por lo tanto comunicacionales, contrapuestos.

1. El espacio acústico privado y la aislación. Este primer modelo descansa sobre el perfeccionamiento de las técnicas de aislación acústica y de control de ruido, y en la mejora en el diseño de los espacios urbanos.

Técnicas que permiten imaginar una sociedad fundada en el aumento de la independencia entre los ambientes acústicos de cada grupo de personas y aún de cada individuo. Podemos pensar la elección de espacios acústicos privados, donde cada persona decide si desea en su hogar un silencio más o menos aceptable, un cierto ruido de fondo a la carta, o el nivel sonoro de la Fantástica de Berlioz en tercera butaca. Todo esto sin perturbar o ser perturbado por los vecinos o los ruidos corrientes de una ciudad. Sin embargo, esta aislación acústica, y por lo tanto comunicacional, no llegaría mas allá de la puerta de cada vivienda si no se implementasen mecanismos para su extensión a los espacios públicos. Muchos de ellos ya están funcionando: los altos niveles de ruido enmascaran casi todo intento de acercamiento oral en lugares para baile, reuniones de todo tipo, terminales de transporte automotor, aeropuertos, shoppings, etc. Aún en las situaciones en las que la comunicación es todavía posible, ésta es bloqueada por medio del "ruido portátil" que proveen los walkman: *donde no es posible construir muros de manpostería, se emplean muros acústicos que mantienen el aislamiento individual* (se utilizan desde hace tiempo generadores de ruido blanco para enmascarar las conversaciones privadas en grandes oficinas de planta abierta).

Una situación como ésta ha sido descripta por el antropólogo francés Mark Augé empleando el concepto de "no lugar" (Augé, 1993). En los "no lugares" la gente no está, transita, y el ruido, impersonal, desalienta los contactos con el otro. No crea identidad singular ni relación, sino soledad y similitud. La gente circula *silenciosamente* (incomunicada) y dialoga con las máquinas o con empleados tan silenciosos (incomunicados) como ellos.

El comportamiento acústico de esta hipotética sociedad se corresponde con la tendencia, observada en la sociedad posindustrial, a disminuir los contactos comunitarios. La televisión, la computadora, las casas cada vez más confortables, el abastecimiento a domicilio, contribuyen hoy en día a disminuir la relación directa entre las personas.

Una situación que lleve al límite la exigencia de espacios acústicos privados es, en cierto sentido, antiutópica: existe y no postula ninguna sociedad orgánica. En este caso hay una sola variante posible que requiere, junto a la tecnología apropiada, una estructura legal y de control eficaz. La educación, mas allá de la imprescindible para asegurar la constrictión a las normas, no es necesaria.

2. El espacio acústico público y la comunicación. El *segundo* de los escenarios límite posibles, contrapuesto por completo al anterior, es aquél en el cual el espacio acústico es público y no privado. Cada persona interactúa y se comunica con los otros en cada uno de los momentos de su vida. Todo ruido producido en la cercanía es percibido y, a la vez, todo ruido generado afecta al entorno. El nivel de aislación acústica en los hogares es mínimo y los espacios comunes adquieren un real valor colectivo. El universo de sonidos de un lugar es también, en el sentido antropológico, constitutivo de la identidad del individuo, responde a la ley de lo "propio" (Mauss, 1966). Estos lugares poseen en común un espacio acústico público y compartido.

Ahora bien, ¿cómo sería la vida en una comunidad como ésta? Muchas situaciones son posibles. Podría muy bien suponerse la dislocación de la red de intercambio por una puja en el intento de prevalecer sobre el otro convertido en rival. Se tendría así una especie de anarquía donde un territorio acústico se impone sobre otro de acuerdo a complejos factores de poder.

Pero podemos también imaginar que el espacio acústico común se decida por consenso entre los ciudadanos, regulándose sus características de acuerdo a las distintas necesidades. En este caso, junto a una legislación clara y bien articulada, es necesaria una cultura que tienda a la convivencia y a la aceptación del otro. El respeto por el ambiente acústico es propio del modelo, que coloca a la educación en una posición central.

Existen hoy en latinoamérica gran cantidad de lugares como los descriptos más arriba. Aún en nuestras grandes ciudades abundan los espacios de encuentro donde el ambiente sonoro constituye gran parte de lo característico y propio de cada comunidad.

LEGISLACIÓN ACTUAL

Si analizamos ahora, sobre los conceptos anteriores, algunas de las últimas actualizaciones de las normas y leyes de control de ruido, veremos que se hace referencia a los dos modelos de modo complementario. Por ejemplo, en el *Plan de Acción Sueco Contra el Ruido* (Kihlman, 1994), una de las recomendaciones para un típico centro de manzana en una zona urbana sugiere la disposición de niveles acústicos equivalentes que se muestra en la Figura 2. Si analizamos el nivel equivalente recomendado para la calle principal -70 db(A), un valor por debajo de los medidos en la zona céntrica de ciudades como Buenos Aires-, se deduce que la forma de llegar a él es mediante un control de las fuentes de ruido, en especial el tránsito automotor. Las acciones de control sobre el ruido generado por los vehículos, el estado y el material de la superficie de la calle, y el cumplimiento de los límites de velocidad son tareas propias de las autoridades comunitarias y se encuadran bien dentro del tipo de acciones que es dable esperar en el primer modelo de espacio acústico estudiado. La

transmisión de ruido desde la calle hacia el interior del edificio, al depender de la aislación de la fachada, también corresponde a este modelo.

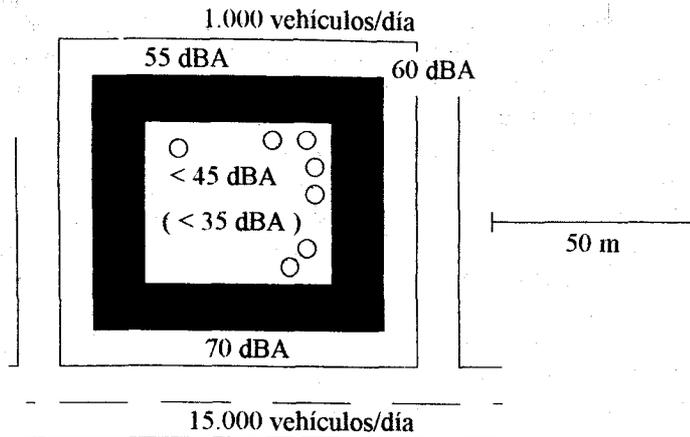


Figura 2: Paisaje acústico de una ciudad típica.
La altura de las edificaciones es de 18 m.

Pero la situación en el centro de la manzana es totalmente distinta. Los bajos niveles equivalentes propuestos - entre 35 y 45 dB(A)- no sólo exigen determinada aislación respecto del ruido exterior dada por el cuerpo del edificio, sino una reducida generación de ruido dentro de la zona interior de la construcción. En verano, cuando se mantienen las ventanas abiertas hacia los patios interiores, el espacio acústico deviene público y adopta claramente las características del segundo modelo analizado. Aquí los controles legales poco pueden hacer, salvo en los casos extremos, en parte por la inadecuada caracterización de los ruidos molestos tal como vimos en la primera parte de este trabajo, y en parte por la dinámica propia de las relaciones de vecindad (nuestra experiencia indica que cuando se apela a una autoridad para dirimir acerca del encuadre legal de un determinado ruido se deterioran sin retorno las condiciones de convivencia). La única solución pasa por reconocer que la calidad de este espacio acústico común depende del comportamiento de la totalidad de los ocupantes del mismo. Aceptar esta situación requiere de una cultura comunitaria distinta de la hallada en el primero de los espacios acústicos estudiados, cultura que tiene como eje fundamental a la educación.

PROSPECTIVA

Hemos visto, entonces, que la simple aplicación de normas y medidas restrictivas no basta para mejorar el medio ambiente acústico y la calidad de vida de una comunidad. No sólo por la extremadamente compleja relación entre un estímulo sonoro y los trastornos que provoca, sino por el aumento constante y la comprensión hacia arriba de los niveles que, junto a la valoración positiva que éstos despiertan en grandes franjas de la población, conforman lo que hemos denominado la cultura del ruido.

El gran desafío es, hoy, lograr que la comunidad tome conciencia del problema de la contaminación acústica y sus efectos. Es por ello que el esfuerzo mayor debe desplegarse en el campo educativo, y debe ser dirigido hacia la totalidad del tejido social: comenzando por los alumnos del ciclo primario, continuando por los medios de comunicación y llegando, incluso, a los integrantes de los poderes del estado.

REFERENCIAS

1. Basso, Gustavo (1994). "La contaminación acústica y su integración a la cultura actual", en *Actas del Encuentro Nacional de Ecología Acústica*, San Carlos de Bariloche. En prensa.
2. Harris, C. M. -Editor- (1979). *Handbook of Noise Control* (McGraw-Hill Book Company, New York).
3. Plomp, R. (1965). "Tonal Consonance and Critical Bandwidth," *J. Acoust. Soc. Am.* 38, 548-560.
4. Krumshansl, Carol (1990). *Cognitive Foundations of Musical Pitch* (Oxford Univ. Press, New York) pág. 271-276.
5. Mathews, M. y Pierce, J. (1980). "Harmony and nonharmonic partials," *J. Acoust. Soc. Am.* 68, 1252-1257.
6. Schumacher, Robert (1992). "Analysis of aperiodicities in nearly periodic waveforms," *J. Acoust. Soc. Am.* 91, 438-451.
7. Augé, Mark (1993). *Los no-lugares. Espacios del anonimato. Una antropología de la sobremodernidad* (Gedisa, Barcelona).
8. Mauss, Marcel (1966). *Sociologie et anthropologie* (P.U.F., Paris).
9. Kihlman, Tor (1994). "Sweden's Action Plan Against Noise", *Noise News Int.*, Vol. 1, N°4, 194-2098.