



DECIMOCTAVO INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE

Calidad del entorno sonoro para los habitantes de la GAM y otras comunidades

*Investigador:
Jose Araya Pochet*



Nota: Las cifras de las ponencias pueden no coincidir con las consignadas por el Decimoctavo Informe Estado de la Nación en el tema respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

Contenido

Hechos relevantes.....	3
Resumen.....	3
Bases físicas sobre la caracterización del sonido.....	3
Relaciones entre características físicas y sensoriales del sonido	5
Las consecuencias de competir con fuentes de gran intensidad	6
La contaminación sónica.....	7
Legislación en Costa Rica.....	8
Modificaciones a la Ley de Tránsito	11
La regulación de las fuentes móviles dentro del marco del concepto de contaminación sónica.	12
La acústica al interior de sitios públicos.....	14
La contaminación sónica en el GAM	15
Consecuencias sobre la salud.....	17
Bibliografía.....	19

Hechos relevantes

Por más de una década ¹ hemos observado que nuestro entorno sonoro, limitado por vías saturadas de automóviles, no presenta ninguna mejoría.

Las regulaciones actualmente establecidas para los vehículos en la Ley de Tránsito son incompatibles con un ambiente sano en donde prive el derecho ciudadano de disfrutar de la comunicación oral.

Han aumentado los centros hospitalarios y los centros educativos que están rodeados de contaminación severa, en detrimento de sus actividades, lo cual posiblemente explique en parte, descensos en el rendimiento académico ².

Las variaciones en las denuncias que se presentan en la Defensoría de los habitantes ³ podrían señalar la falta de interés que por periodos se apodera del Ministerio de Salud.

Resumen

Gracias al oído, el órgano más complejo que tiene el ser humano, podemos detectar emanaciones sonoras increíblemente pequeñas y detectar fuentes muy distantes y disfrutar plenamente de la música, como una experiencia estética. Es así como el oído, en un entorno sonoro bien diseñado, es el puente idóneo para conectarnos con las experiencias que estimulan la armonía con la naturaleza y con los mejores sentimientos del ser humano.

Es un deber ciudadano comprender el valor trascendental que tiene la comunicación oral en el ser humano y la necesidad de protegerla y valorar que nuestra limitada capacidad para producir conversaciones, escucharlas y comprenderlas en competencia con fuentes artificiales miles de veces más intensas entre las que destacan los vehículos automotores y el abuso de sistemas de refuerzo electrónico destruyen una gran cantidad de actividades importantes para el ser humano ⁴.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar los elementos de las propiedades físicas del sonido y de evaluar cómo el Estado ha manejado el problema de la protección de nuestro entorno sonoro

Descriptor: Sonido, Contaminación Sónica. Regulación de fuentes sonoras, aislamiento acústico, acondicionamiento acústico, decibel, frecuencia, movimiento ondulatorio.

Bases físicas sobre la caracterización del sonido

Se entiende por sonido aquella sensación que nos permite oír las vibraciones que ponen en movimiento al tímpano, membrana que divide el canal auditivo externo del oído, de la cavidad timpánica en la que se alojan una serie de articulaciones que acoplan las vibraciones del tímpano a los sensores que traducen las vibraciones en impulsos eléctricos. Los miles de sensores que convierten la vibración en impulsos eléctricos, se encuentran dentro de una cavidad en forma de cono doblado, llamado cóclea, que se conecta vía el nervio auditivo, con el cerebro.

Una fuente de sonido cuenta con una estructura (membrana, cuerda, columna de aire, etc.) que vibra de forma simple o de forma compleja.

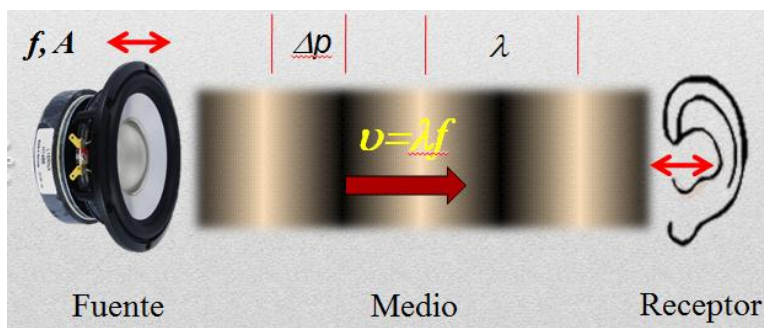
Si la vibración de la fuente se repite periódicamente un número de veces por segundo con una amplitud definida, esto es, el desplazamiento se repite idénticamente, se llamará a la vibración una vibración simple. La combinación de vibraciones simples genera vibraciones complejas, que son las que corrientemente escuchamos.

Se designa con la letra f a la frecuencia con que vibra una fuente simple y a su unidad, el hercio o Hertz (Hz). Un hercio equivale a una vibración por segundo.

Cuando una fuente vibra, produce energía sonora. Esta energía sonora depende de la amplitud con que vibra la fuente. La energía puede propagarse por distintos medios: gases, líquidos o sólidos. La propagación se produce por un mecanismo muy común e importante en la naturaleza: el movimiento ondulatorio.

Cuando una fuente sonora emite energía sonora en el medio en el que se encuentra y lo hace a una cierta frecuencia f y a una amplitud A , las partículas del medio tratarán de vibrar a la frecuencia f y a una amplitud proporcional a la amplitud. Sin embargo la propagación de la energía no es instantánea. Le toma un cierto tiempo a la energía sonora recorrer la distancia entre la fuente y el receptor. Esto se debe a que el sonido viaja a una velocidad finita. La velocidad del sonido en el aire a 20 C es de 343 m/s, pero en los líquidos y en los sólidos la velocidad es mucho mayor.

Figura 1
Fuente vibrando^a a una frecuencia f y con una cierta amplitud A



a/ Las vibraciones de la membrana del parlante comprimen y descomprimen las moléculas del aire, generándose así diferencias de presión en el medio. Estas diferencias de presión ponen al receptor (tímpano) en vibración a la misma frecuencia f . Sin embargo la amplitud de las vibraciones del receptor (tímpano) es mucho más pequeña que las de la fuente. Esto se debe a que mucha de la energía que sale de la fuente no llega al receptor y a que alguna cantidad de energía sonora se transforma en calor y de esta forma es absorbida en el medio.

El sistema auditivo en los humanos puede detectar sonidos complejos y simples con frecuencias entre 20 Hz y 20 mil Hz.

Relaciones entre características físicas y sensoriales del sonido

La frecuencia de las vibraciones que producen un tono musical que llegan al oído se asocia a la altura musical de ese tono musical.

La sensación asociada a la amplitud de las vibraciones de la fuente es la sonoridad con que se escucha el sonido generado. A mayor amplitud de las vibraciones de la fuente, el sonido se percibe más fuerte.

En términos físicos, la sonoridad detectada (escuchada) por un receptor está asociada a la cantidad de energía que se recibe. Dado que el sonido tiene la característica de cambiar de amplitud en el tiempo y de viajar en todas direcciones, resulta conveniente asociar la sonoridad no solo con la energía. Por esta razón se utiliza una cantidad llamada intensidad del sonido que es la cantidad de energía recibida por segundo sobre una superficie. Las unidades de la intensidad son watts/m^2 .

El oído humano puede escuchar sonidos con intensidad desde 10^{-12} W/m^2 hasta sonidos de alrededor de 1 W/m^2 , esto se, un millón de millones (un billón) de la intensidad menor. A la mínima intensidad audible se le considera la intensidad de referencia: $I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Para poder determinar la sonoridad de una fuente numéricamente, resulta mucho más práctico definirla como la razón entre la intensidad I de la fuente y la intensidad de referencia I_{ref} . Para simplificar la notación y disminuir el número de dígitos necesarios para especificar una intensidad se utilizan los logaritmos en base diez. Llamando L a la sonoridad en decibeles tenemos:

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) \text{ dB}$$

Existen instrumentos, llamados sonómetros, que permiten la determinación directa de la sonoridad en decibeles ⁵.

Cuadro 1

Relación entre intensidad, sonoridad, y sensación percibida del sonido percibido de una fuente ⁶

Cambio en sonoridad (dB)	Sensación	Cambio en intensidad (W/m^2)
3	Apenas perceptible	2
5	Claramente perceptible	3
10	Doblemente sonoro ("duro")	10

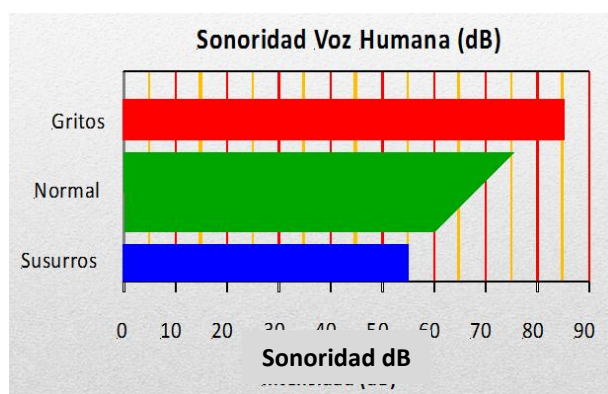
Como consecuencia de la tabla anterior podemos notar que si las emisiones sonoras al ambiente derivadas de un número de fuentes quisieran mitigarse claramente (reducción de 5 dB en la sonoridad), es necesario reducir a la tercera parte la intensidad de las fuentes. Si fueran las fuentes idénticas, esto significaría que sería necesario reducir el

número de fuentes a la tercera parte. De ahí se deduce que limpiar el ambiente sonoro requiere hacer un esfuerzo particularmente importante.

Las consecuencias de competir con fuentes de gran intensidad

Las comunicaciones entre seres humanos dependen críticamente de la habilidad de descifrar y entender mensajes orales. Para establecer condiciones que permitan favorecer la comunicación es necesario conocer la intensidad de la voz humana y la capacidad del cerebro de descifrar mensajes emitidos en un entorno competitivo a nivel sonoro.

Figura 2
Niveles de sonoridad producidos por la voz humana^a



a/ La sonoridad normal puede considerarse de alrededor de 65 dB.

La voz humana es capaz de emitir sonidos, como en una conversación, por largos periodos con una sonoridad normal que va entre 60 y 75 dB, esto es, con una intensidad de alrededor de 3 micro watts por metro cuadrado. Haciendo un esfuerzo especial, un ser humano puede gritar hasta alcanzar niveles de 85 dB, o sea levantar la voz al doble (incremento de 10 dB)

El desempeño de las comunicaciones en ambientes ruidosos es pobre en el caso en el que ruido de fondo es similar a las emisiones de la voz humana, esto es, 65 dB.

Podríamos decir que el nivel máximo de ruido de fondo que permite algún grado de comunicación continua no debe sobrepasar los 65 dB.

Si se requiere que los mensajes de la voz humana sobresalgan confortablemente sobre el ruido de fondo, este debe ser menor en al menos 10 dB, esto es, el ruido de fondo no debe sobrepasar 55 dB. Esto implica que la sensación provocada por la voz duplicaría la del ruido.

Tenemos ahora los elementos básicos para determinar el “tamaño adecuado” de una fuente de sonido. Toda fuente que emite 10 dB más que el ruido de fondo es una fuente que tiene posibilidades de sobresalir y competir en cierto grado contra el ruido.

¿Qué es cero ruido? En la práctica es una condición innecesaria para un entorno sonoro. Lo que se debe buscar es un entorno con ruido imperceptible, condición que puede satisfacerse si el ruido de fondo es, digamos, 30 dB menor que el programa principal. Otra consecuencia de competir con fuentes de gran sonoridad ocurre cuando estas superan 85 dB y una persona permanece por horas conviviendo en estos entornos ruidosos. Las consecuencias para la salud son muy variadas, siendo la más obvia la pérdida de la sensibilidad auditiva, la cual progresa al aumentarse las dosis de ruido. Ambientes laborales pueden incapacitar irreversiblemente a una persona que no se protege de las emisiones poderosas ⁷.

La contaminación sónica

Tanto los sonidos como el ruido que emite una o varias fuentes pueden causar trastornos en el ser humano, interfiriendo las actividades que trata de desarrollar (estudiar, descansar, conversar, etc.). Tanto el sonido como el ruido pueden afectar la salud y en general toda sensación sonora puede causar molestias y trastornos.

Llamamos contaminación sónica a cualquier emanación que pueda afectar negativamente la salud o las actividades del ser humano. Por lo general la contaminación sónica se evalúa solo en términos de la sonoridad de las emanaciones, lo cual es insuficiente para determinar el grado de afectación que puede sufrir un ser humano sujeto a un entorno sonoro inadecuado ⁸.

Para establecer el grado de contaminación sónica se determinan los niveles de sonoridad alcanzados en los sitios bajo consideración y se les compara con valores considerados compatibles con la normativa vigente, entendiéndose que esa normativa protege la salud y las actividades que ahí se desarrollan. En este sentido las regulaciones en Costa Rica carecen de una normativa específica para los entornos sonoros asociados con distintas actividades, lo cual constituye un serio problema para el diseño arquitectónico ⁹.

En el presente trabajo se clasifica el grado de contaminación en el GAM, utilizando como base de estudio la propuesta de la Agencia Interinstitucional sobre el Ruido Urbano (AIRU) de los Estados Unidos. Como puede notarse en el cuadro 2, la clasificación divide el entorno sonoro en intervalos de 10 dB, lo cual subjetivamente equivale a duplicar la sensación sonora. Por ejemplo, una exposición significativa se percibe el doble en sonoridad que una exposición moderada.

La clasificación de AIRU se da en términos de los valores L_{dn} , los cuales son idénticos a los valores L_{eq} durante las horas de medición en las que se efectuaron las mediciones reportadas en el presente trabajo (horas de la mañana), sin embargo no fue posible efectuar mediciones durante la tarde o noche, por lo cual las conclusiones que se tomen aplicando la clasificación AIRU deben adaptarse o modificarse.

Cuadro 2

Clasificación del ruido^a

Clase de exposición	L_{dn} (dbA)	Respuesta comunitaria esperada
Mínima	Menor a 55	Aceptable
Moderada	Entre 55 y 65	Aceptable
Significativa	Entre 65 y 75	Normalmente inaceptable
Severa	Más de 75	Inaceptable

a/ L_{dn} es el promedio en energía de las variaciones temporales de la sonoridad en periodo de 24 horas con incremento de 10 decibeles entre las 10 de la noche y las 7 de la mañana. La AIRU de Estados Unidos establece como meta valores L_{dn} inferiores a 55 en el exterior¹⁰.

Con respecto a los periodos de medición debemos aclarar que en Costa Rica tenemos un régimen de lluvias que impide la toma de datos en horarios muy extendidos. En algunos periodos del año, cuando cesan las lluvias, hay fuertes vientos que igualmente pueden afectar las mediciones.

Legislación en Costa Rica

A través de varias décadas se han promulgado decretos y leyes que pretenden regular la contaminación sónica por medio del establecimiento de algún valor límite, bajo el cual, una fuente está autorizada a emitir emanaciones sonoras. Los valores límite dependen de la hora del día.

En materia de salud, la legislación vigente para el control de la contaminación sónica cuenta con el reglamento N° 28718-S del 2000 y el decreto N° 32692-S del 2005. El primero establece los niveles máximos permitidos por zona: residencial, comercial o industrial y el segundo establece procedimientos de medición los cuales no están avalados científicamente y contiene indicaciones muy generales. En todos los casos es evidente la carencia de acudir a normas internacionales.

En el cuadro 3 se presentan los valores límites establecidos en el reglamento N° 28718-S. Los valores en cada tabla corresponden a la ubicación de la fuente de acuerdo a las zonas residencia, comercial o industrial.

Es notorio que la legislación no utiliza normas internacionales que definen parámetros tales como L_{eq} , L_{10} , L_{90} , L_{dn} y las metodologías respectivas para su medición. En particular resulta conveniente la utilización de los parámetros L_{10} , L_{90} , que definen los niveles sonoros excedidos un 10 o un 90 % del tiempo de medición. Supóngase por ejemplo que en un sitio se encuentra que $L_{90} = 85\text{dB}$, esto permite tener certeza de que el 90% del tiempo de medición la sonoridad excede 85 dB. Con parámetros de este tipo es posible tomar decisiones con un adecuado apoyo técnico.

Afortunadamente el Ministerio de Salud ha hecho una adquisición de instrumentos que puedan establecer una cantidad de información que permita tomar medidas correctivas,

pero falta todavía una mejor planificación que permita tomar decisiones con el apoyo de legislación adaptada a los avances tecnológicos.

Es notable que la legislación no especifique un procedimiento que permita establecer la idoneidad del personal a cargo de efectuar e interpretar las mediciones. Ningún encargado de los departamentos que tienen a su cargo la vigilancia o el control de emisiones sonoras tiene como profesión la Física, a pesar de que esta es la ciencia que estudia los fenómenos relativos al sonido. Otro problema notable es la ausencia de personal con conocimientos avanzados en acústica y que sea miembro de un Colegio Profesional que avale su idoneidad.

Cuadro 3

Valores máximos en decibelios que puede recibir una zona receptora dependiendo de la zona en que se ubica la fuente en horario diurno (D) o nocturno (N) según el reglamento N° 28718-S

Ubicación Fuente	Zonas Receptoras							
	Residencial (1)		Comercial		Industrial		Tranquilidad (2)	
	D	N	D	N	D	N	D	N
Zona residencial	65	45	65	55	70	60	50	45
Zona comercial	65	45	65	55	75	65	50	45
Zona industrial	65	45	70	65	75	75	50	45

(1) Incluye centros educativos y servicios a la comunidad.

(2) Incluye Hospitales, Clínicas, Hospitales de Salud Mental, Tribunales de Justicia.

Los entornos industriales tienen asidero legal desde el concepto de la salud ocupacional como medio de protección a los trabajadores expuestos a la operación de máquinas ruidosas. En este trabajo no profundizaremos en este importante aspecto.

Al presente la única legislación en relación con fuentes móviles la constituye la Ley de Tránsito (Cuadro 4), la cual mantiene valores máximos en solo tres categorías, ignorándose la existencia de una gran variedad de tipos de vehículos por categoría y que los fabricantes de vehículos automotores han reducido considerablemente las emisiones sonoras. En principio nuestras regulaciones están desvinculadas del estado de la tecnología y de la normativa internacional, las cuales se han sustituido por una versión autóctona que facilita el uso de la tecnología sin considerar el costo ambiental.

Cuadro 4**Valores máximos permitidos actualmente por la Ley de Tránsito^a en Costa Rica ¹¹**

Tipo de vehículo	Ruido máximo permitido dB	Intensidad del ruido (mW/m ²)	Categoría
Automóviles hasta 3,5 toneladas métricas.	96	4,0	C1
Bicimotos, motocicletas y vehículos de 3,5 hasta 8 toneladas métricas.	98	6,3	C2
Autobuses, busetas y vehículos con peso mayor a 8 toneladas métricas.	100	10	C3
VOZ HUMANA	65	0,003	REF

a/ Por comparación se presenta la emisión normal de un ser humano. Se asignan categorías para utilizarlas más adelante.

La Ley de Tránsito no establece regulaciones por zonas como sí lo hacen las regulaciones de salud. Esto es, cualquier vehículo puede emitir por igual en zona de tranquilidad, en zona residencial o en zona industrial. Tampoco se establecen horarios de operación, como sí se hizo hace muchas décadas cuando se impedía el ingreso de carretas a la capital, antes de las 5 de la mañana, por el ruido que podían hacer. En materia de regulación de fuentes móviles, la legislación utilizada en la Unión Europea protege considerablemente mejor que en Costa Rica, a su comunidad.

En la cuadro 5 se pueden observar comparaciones en decibelios y en percepción sonora que se calcula a razón de una duplicación por cada incremento de 10 decibeles como es usual. Las comparaciones tienen un grado de incertidumbre en el sentido que los métodos de medición solo se establecen en la regulación europea. Para la costarricense se emplea la metodología de medición que estuvo vigente en el pasado, dado que en la actualidad la Ley de Tránsito no tiene reglamento, por ende no se sabe cómo medir las emisiones sónicas en Costa Rica producidas por vehículos.

Cuadro 5**Comparación de las emisiones en motos y otros vehículos automotores permitidos por legislación de la Unión Europea y de Costa Rica****Motos**

Categoría (cilindrada en cm ³)	Unión Europea (1)	Costa Rica (2)	Diferencia	Percepción (veces más duro)
Menor o igual a 80	75	98	23	4,6
Mayor a 80 y menor o igual a 175	77	98	21	4,2
Mayor a 175	80	98	18	3,6

Vehículos

Categoría	Unión Europea	Costa Rica	Diferencia	Percepción (veces más duro)
Transporte de personas hasta 9 plazas	82	96	14	2,8
Más de 9 plazas menor de 3.5 toneladas	84	96	12	2,4
Transporte de mercancías, menor de 3.5 toneladas	84	96	12	2,4
Transporte de personas con más de 9 plazas y más de 3.5 toneladas	89	98	9	1,8
Transporte de mercancías, más de 3.5 toneladas	89	100	11	2,2
Transporte de personas con más de 9 plazas y más de 200CV DIN de potencia en el motor	91	100	9	1,8
Transporte de mercancías de más de 12 toneladas y más de 200CV DIN de potencia en el motor	91	100	9	1,8

(1) UE se usa una de las 4 posiciones de norma ISO R 362 febrero 1964.

(2) CR se usa regulación del decreto 13470-T del 27 de abril del 1982.

Modificaciones a la Ley de Tránsito

Al presente el Poder Legislativo hace un esfuerzo por mejorar la Ley de Tránsito y las propuestas más bien establecen mecanismos para que el Poder Ejecutivo pueda emitir regulaciones.

Las inspecciones estarían a cargo de los Centros de Inspección Técnica Vehicular (CIVE) y serán periódicas como lo son las que actualmente practica RITEVE. En principio las regulaciones cumplirían las normas internacionales.

De las especificaciones que se establecen en el artículo 40 de la reforma propuesta, las relevantes son: que la IVE contemple el ruido de la mufla y el ruido del llamado freno a motor. Aquí puede notarse el poco conocimiento técnico en materia de las emisiones sónicas de un vehículo, del cual se espera que las emisiones solo se emitan por, o debido a, la mufla. En el tema de las muflas se insiste en que la mufla no esté alterada o dañada.

El artículo 118 permitiría ahora, con algunas restricciones, el uso de vehículos con parlantes, los cuales han estado prohibidos. En el artículo 131 se regula el uso de la bocina.

Es notable que mientras existe mayor especificidad en el área del control de las emisiones de gases y partículas, las correspondientes a la emisión sónica se refieren básicamente a la mufla. No se menciona para nada ningún tipo de tecnología para tratar las emisiones sónicas, ni se establece una indicación sobre la razón de ser de las regulaciones: si es mantener funcionando cualquier tipo de vehículo importado o poner restricciones sobre la importación de vehículos, por ejemplo.

Tampoco se establece ninguna regulación sobre los talleres fabricantes de muflas quienes son los encargados en la práctica de generar la tecnología de control de emisiones.

La regulación de las fuentes móviles dentro del marco del concepto de contaminación sónica

A través de la lectura de las extensas acciones legales llevadas por la Defensoría de los Habitantes cuando esta institución interpuso una acción de inconstitucionalidad en el 2005 en contra del Decreto Ejecutivo número 28718-S se percibe una legítima preocupación por defender al ciudadano de las fuentes fijas y evitar los problemas de relaciones de vecindad.

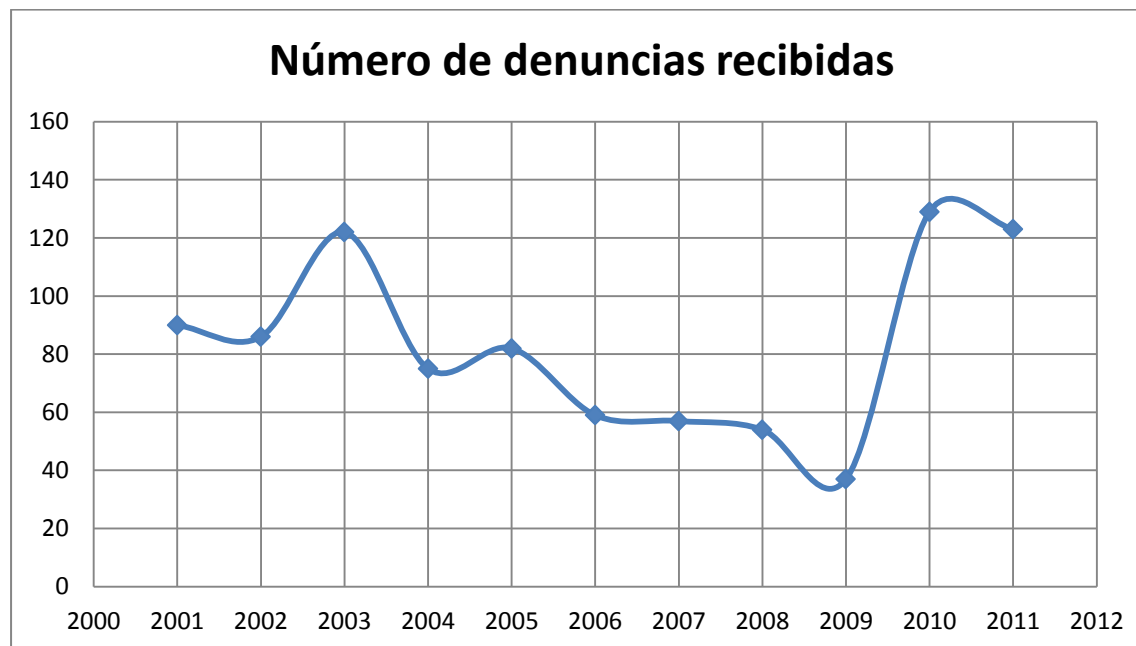
La estadística de quejas interpuestas ante la Defensoría de los Habitantes a lo largo de los últimos años varía fuertemente, como puede verse en la figura 3.

Para intentar analizar este hecho será importante correlacionar varios hechos importantes: a) la promulgación del reglamento N° 28718-S y el decreto N° 32692-S. b) la inversión en equipo de medición hecha por el Ministerio de Salud hace unos 5 años y c) la capacitación dada al personal encargado de los estudios respectivos.

De alguna manera las variaciones tan pronunciadas a lo largo del tiempo podrían ser una indicción de que el problema de la Contaminación Sónica requiere otros enfoques y otras metodologías de trabajo.

Será importante ver las estadísticas que debería llevar el Ministerio de Salud para determinar cuáles son las fuentes más problemáticas.

Figura 3
Contaminación Sónica. 2001 - 2011



Fuente: Sistema Integrado de Defensa, Defensoría de los Habitantes, 2012.

Uno de los problemas importantes que debemos abordar es el crecimiento y las categorías de los vehículos con permiso de circulación.

Es necesario que el Estado establezca regulaciones sobre la importación de vehículos que no cumplan normas internacionales de emisiones sónicas y que se determine la mejor metodología para la vigilancia de los niveles emitidos.

Es posible implementar una zonificación que ayude a desarrollar un mejor control de los flujos de vehículos y de las emisiones sonoras.

Valores máximos de emisión del parque automotor en comparación con la máxima emisión sonora de seres humanos.

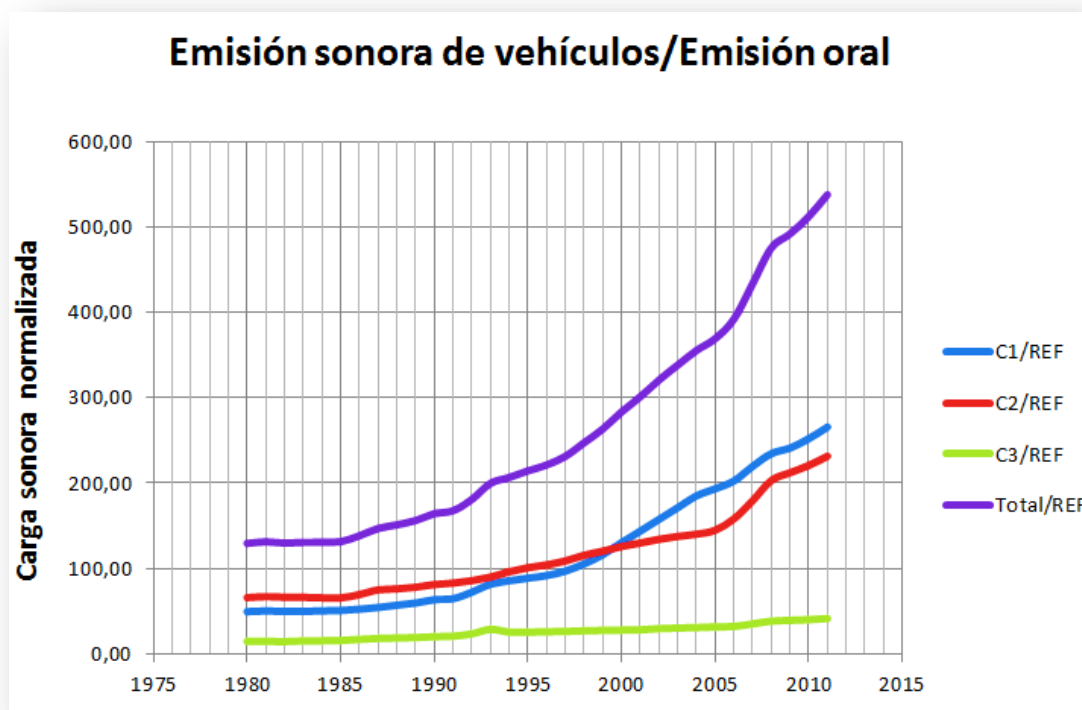
Dado que cada ser humano puede en principio emitir 3 micro W/m², la máxima emisión de la población se obtiene multiplicando el número de habitantes por la intensidad de cada uno. Algo similar se puede hacer con los automóviles y luego presentar las emisiones de los vehículos en comparación con las emisiones de los seres humanos.

En la figura 4 presentamos la evolución histórica de la sonoridad de los humanos en comparación a la de los vehículos. Es importante ver que los vehículos presumiblemente más ruidosos no aportan tanto como se esperaría. En principio, ese número no crece tanto como los vehículos de otras categorías. En principio los vehículos más silenciosos hacen ahora una contribución mayor. Esto es explicable en términos del crecimiento de esta categoría.

Hay que aclarar que la figura presenta una situación hipotética, sin embargo nos define como una sociedad que acepta sin reparos el crecimiento del ruido producido por los automóviles a pesar del costo que tiene en la afectación de las conversaciones entre seres humanos.

Figura 4

Carga sonora producida por los vehículos en comparación a las emisiones sonoras producidas por los seres humanos al comunicarse oralmente



La acústica al interior de sitios públicos

La calidad del sonido que se percibe en un sitio público confinado por superficies diversas, presenta al menos dos metas de diseño que deben resolverse adecuadamente: el aislamiento acústico y el acondicionamiento acústico ¹².

Se entiende que los entes encargados de dar los permisos de funcionamiento de estos establecimientos incluyen requisitos que en principio aseguran la protección del vecindario, de tal forma que se cumpla con lo establecido en el reglamento N° 28718-S y el decreto N° 32692-S.

Este enfoque deja por fuera las condiciones acústicas al interior de los establecimientos que asegure que los clientes o usuarios de estos lugares obtengan condiciones ambientales aceptables con la salud y los servicios que allí se ofrezcan.

Consideremos algunos sitios y sus actividades y veamos cómo estos sitios requieren condiciones acústicas especiales.

Analicemos primero el caso de un aula en la que se imparte una clase teórica. Hay un expositor y una cantidad de alumnos que deben recibir los mensajes con la mayor claridad posible, evitándose el tener que invertir tiempo y esfuerzo en descifrar los mensajes. Para optimizar este sitio es necesario controlar el ingreso de ruidos externos, lo cual se especifica mediante un parámetro llamado NC, que podríamos traducir como perfil de ruido de fondo del sitio.

En segundo lugar se debe especificar de alguna forma el porcentaje de palabras que se puedan descifrar. Esto se hace a través de otro parámetro llamado STI (Speech Transmission Index) ⁷.

Finalmente si es este un lugar de diversión debe establecerse una dosis máxima que pueda recibir un cliente o usuario del lugar.

Si juntamos lo que hemos señalado llegaríamos a la necesidad de establecer un Código Acústico que regulara las condiciones mínimas de diseño acústico para asegurar que un usuario y la vecindad de un sitio público, reciban un producto de calidad.

La contaminación sónica en el GAM

Durante la década pasada nos dimos a la tarea de recolectar información que permitiera ubicar el tipo de contaminación sónica que recibieron lo que denominamos *sitios sensibles* ubicados en el exterior de edificios de centros educativos, edificios del Poder Judicial, hospitales y parques. En la primera columna en el cuadro 7 aparece el número de sitios estudiados y las otras columnas aparecen los porcentajes de sitios dentro de las distintas categorías de exposición.

Cuadro 7

Contaminación sónica al exterior de edificios y parques en el Área Metropolitana. 2001-2008

(porcentajes)

Categoría	nº de sitios estudiados	Mínima <55 dB ^a	Moderada 55<dB<65	Significativa 65<dB<75	Severa dB>75
Centros Educativos	193	1	25	65	10
Poder Judicial	33	0	20	77	3
Hospitales	53	0	10	80	10
Parques	84	0	10	84	6
TOTAL	363	0	16	77	7

a/ Categorías en decibeles según las regulaciones de la Agencia Interinstitucional sobre el Ruido Urbano de los Estados Unidos.1980 p.5

Fuente: Araya, 2002; Araya y Merlos, 2008.

Las mediciones reflejan en general poca variación y esto debe ser consecuencia de varios factores. Recordemos que las mediciones se hacen en el exterior, típicamente en la acera de los edificios. La fuente principal en todos los casos son los vehículos, cuyo número ha crecido. Pero las calles están saturadas y el incremento en el número no influye mucho. Tampoco en ese periodo no se hizo ningún esfuerzo por mejorar los controles sobre las emisiones a quien corresponde: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Es preocupante que la contaminación sea significativa en la mayoría de los casos. Sí se puede notar que en centros educativos disminuye en el bienio 2006 – 2008 los casos de contaminación significativa pero aumentan los severos. Algo similar ocurre en los centros hospitalarios.

Es notable que la contaminación afecte en gran medida a centros educativos y a centros de salud. La fuente de la contaminación principal es el flujo de vehículos, en principio regulados por la Ley de Tránsito.

Ahora bien, el reglamento N° 28718-S en el artículo 4 inciso D establece consideraciones especiales para Hospitales, Clínicas, Hospitales de Salud Mental y Tribunales de Justicia al declararlos espacios en Zona de Tranquilidad. Esto significa según tabla 3 que los valores máximos al interior de los recintos no deben sobrepasar 50 dB.

Dado que la Ley de Tránsito no establece zonificaciones para las emisiones sónicas de los vehículos, es inevitable que las regulaciones de la Ley de Tránsito entren en conflicto con los requisitos establecidos en el reglamento N° 28718-S.

Un estudio reciente ^{¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.} efectuado en Salas de Espera del Hospital San Juan de Dios, ver adjunto cuadro 8, pone en evidencia que los niveles medidos al interior sobrepasan hasta en 20 dB el valor “máximo” (50 dB) establecido por el reglamento N° 28718-S.

Ahora bien, el Hospital San Juan de Dios ha sido monitoreado a través de varios estudios que han establecido los niveles L_{eq} en el exterior al edificio (Paseo Colón y calle 14) con valores $L_{eq} = 78,0$ dB en 2001 a $L_{eq} = 79,9$ dB en 2011.

Cuadro 8
Sonoridad equivalente semanal según día y punto de medición en el Hospital San Juan de Dios

Estación	L _{eq} obtenido por día							L _{eq} semanal (c/punto de muestreo)
	Lun.	Mar.	Miér.	Juev.	Viern.	Sab.	Dom.	
1.Oficina de pasillos	71.0	70.5	70.7	.....	.....	64.3	65.5	69.2
2.Parte posterior Sala de Espera	70.4	69.8	70.2	.....	.....	.....	.....	70.1
3.Frente Ortopedia. Hombres 2do piso	68.5	69.1	69.3	.....	.....	.....	.....	69.0
4.Frontal Sala de Espera	.....	.....	.....	69.8	68.1	68.1	70.2	69.5

5.Columna de Pasillo Interno	.....	.....	.....	69.7	63.4	63.4	65.0	67.9
6 Sala de espera cerca de Farmacia	.....	.....	.....	69.5	67.4	67.4	70.5	69.4
Leq semanal (c/día de la semana)	70.1	69.8	70.1	69.7	66.2	66.2	68.5	

Estos valores extremos que existen en el entorno al Hospital San Juan de Dios no explican por sí solos los valores extremos al interior.

El estudio efectuado en ese centro hospitalario apunta en la dirección de que este recinto tiene un inadecuado diseño acústico y que los principales problemas podrían mejorarse con una inversión modesta que incluya materiales acústicos.

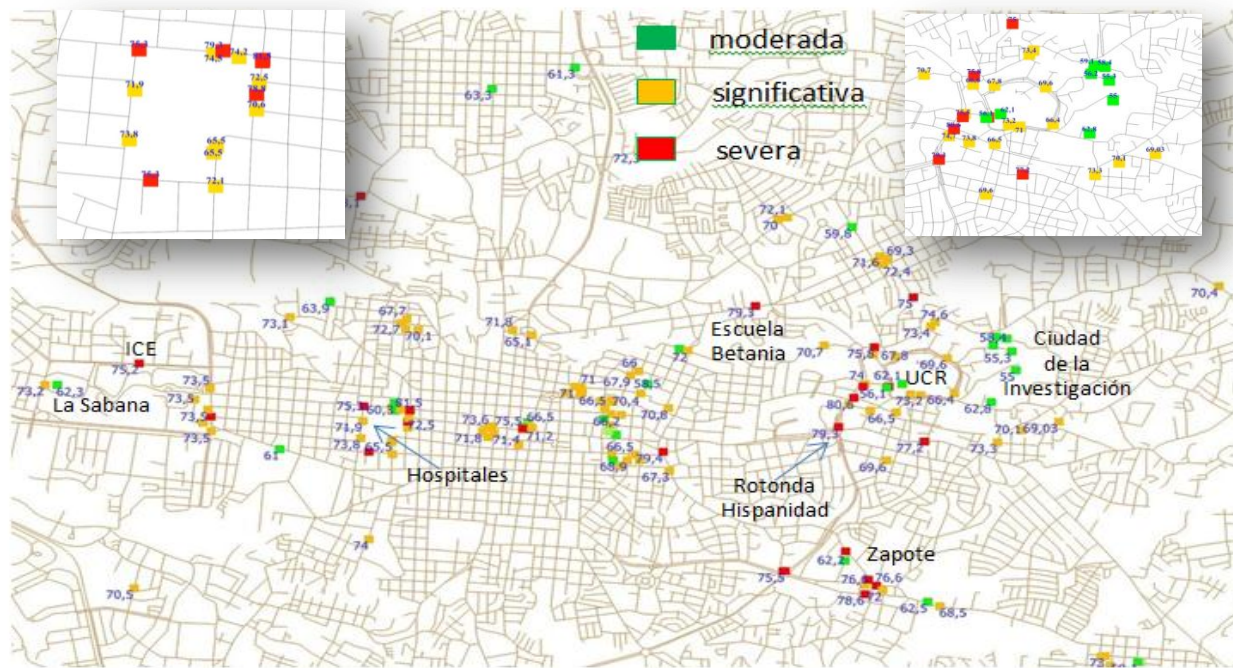
Consecuencias sobre la salud

La salud y las relaciones humanas se ven amenazadas por ambientes con cargas importantes de contaminación sónica¹⁵. Se entiende que el ser humano escucha en la actualidad un porcentaje muy alto de emisiones producidas por fuentes artificiales, fuentes que apenas superan un siglo de operar y dominar la producción y la economía.

Nuestra sociedad ha ido transformando el entorno sonoro y haciéndolo congruente con la cuestionable necesidad de operar máquinas ruidosas.

De acuerdo a la realidad expresada en la Ley de Tránsito, una motocicleta, independientemente de su tamaño, puede emitir 98 dB, esto es 2 dB menos que un camión de 8 toneladas. Recuérdese que en la Unión Europea una motocicleta no puede emitir más de 80 dB. ¿Por qué es posible o necesario que Costa Rica se convierta un paraíso para las emisiones sónicas originadas en motocicletas? Costa Rica permite 4 veces más ruido en una moto que lo que pueden hacer los europeos.

Figura 4
Mapa de algunos puntos medidos durante el bienio 2006 - 2008 en San José



Nota: La serie completa de mapas se puede obtener en www.acusticaCR.com. Nótese que los puntos marcan la posición de un parque, un centro educativo, un hospital, un edificio del poder judicial o un ministerio. Nótese que el color predominante es el amarillo y los desafortunados puntos rojos como en Zapote en donde hay varios centros educativos¹

El ser humano sujeto a ambientes ruidosos experimenta cambios emocionales y fisiológicos importantes. Recientemente se ha podido establecer una correlación entre las dosis de ruido recibido de los vehículos y el aumento de accidentes cardiovasculares^{16, 17}. De acuerdo a nuestras estadísticas es posible correlacionar la muerte de unos 40 costarricenses por año, por efectos colaterales de la contaminación sónica originada en nuestras carreteras.

Bibliografía

1. www.acusticaCR.com
2. José Araya Pochet. El entorno sonoro en el gran área metropolitana. DIFUSIÓN revista de Diseño y Arte. Vol #26. 2010.
3. Datos de la Defensoría de los Habitantes. Abril 2012.
4. R. Murray Shafer. The new soundscape. Berandol Music Limited. 1969.
5. Rosing, Moore & Wheeler. The Science of Sound. Third Edition. Addison Wesley. 2002.
6. O. L. Angevine. Individual Differences in the Annoyance of Noise. 1975. Sound and Vibration, November 1975.
7. Kenneth Jacoc, Understanding Speech Intelligibility and the Fire Alarm Code, Bose Corporation, 2001.
8. José A. Araya Pochet. Contaminación Sónica y su Control. CICIMA, UCR 2002.
9. M. David Egan, Architectural Acoustics, McGraw-Hill, Inc, 1988.
10. Larry W. Canter. Environmental Impact Assessment. Segunda edición. Mc Graw Hill. 1996.
11. Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres. Artículo 121, incisos c y ch. 3a. edición.
12. W. J. Cavanaugh, J. A. Wilkes. Architectural Acoustics. Mc Graw Hill Inc. 1988.
13. José A. Araya, Horacio Merlos. Informe de Contaminación Sónica. CICIMA. 2008.
14. Hugo Pérez y Alonso Monge. Propuesta sobre la mejora y optimización del confort acústico de las salas de espera del Hospital San Juan de Dios. Facultad de Medicina, UCR. 2011.
15. Karl D. Kryter. The Effects of Noise on Man. Second Edition. academic Press, Inc. 1985.
16. Wolfgang Babisch. Traffic Noise Cardiovascular Disease: Epidemiological Review and Synthesis. Noise and Health International Journal, Volume 2, p. 9-12. 2008.
17. Wolfgang Babisch. Road traffic noise and cardiovascular risk. Noise and Health International Journal. Volume 10, p. 27-33. 2008.
18. José A. Araya, Horacio Merlos. Informe de Contaminación Sónica. CICIMA. 2008.