

**ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA CONTAMINACION ACUSTICA
Y SUS EFECTOS EN ZONAS URBANAS**

Amando García

Laboratorio de Acústica
Departamento de Física Aplicada
Universidad de Valencia

INTRODUCCION

Existe un amplio acuerdo en reconocer que la contaminación acústica es un factor medioambiental muy importante en todos los países industrializados. El ruido ambiental, al que solemos referirnos frecuentemente como un sonido indeseado, es una consecuencia directa de la actividad humana. En consecuencia, los niveles de ruido más elevados se producen fundamentalmente donde se suele concentrar dicha actividad, es decir, en los núcleos urbanos (1)(2)(3).

En líneas generales, el incremento de la contaminación acústica en España ha seguido una tendencia similar a la de otros muchos países desarrollados, aunque con notables peculiaridades. Casi todas las grandes ciudades de nuestro país (y sus zonas metropolitanas) han experimentado un crecimiento muy importante como consecuencia de los fuertes movimientos migratorios que tuvieron lugar sobre todo durante las décadas de los años 50 y 60. La enorme demanda de viviendas y, en muchos casos, la inexistencia de una adecuada planificación urbanística han fomentado la especulación y han sembrado muchas de nuestras ciudades con inmensos bloques de acero y hormigón, sin que exista una separación clara entre las zonas residenciales, comerciales e industriales. La carencia o escasez de espacios abiertos, la extremada estrechez de muchas de nuestras calles, la abundancia de construcciones de ínfima calidad y, por qué no decirlo, las costumbres, comportamientos y actitudes de algunos de nuestros conciudadanos, han contribuido a que los niveles de ruido a que se ven sometidas muchas personas a lo largo de las 24 horas del día (en la calle, en sus hogares, en los centros de trabajo, en los espacios de ocio, etc.) sean excesivamente elevados, degradando seriamente su salud y bienestar.

Sin embargo, al contrario de lo que ha sucedido en otros países desarrollados, hasta hace relativamente poco tiempo, en nuestro país se había dedicado una escasa atención a este problema, tanto por parte de los científicos y técnicos como

de la administración; los ciudadanos tampoco mostraban una sensibilidad demasiado alta ante el ruido ambiental.

Esta situación ha cambiado significativamente en la actualidad. El problema del ruido ambiental y su control es materia de preocupación para los responsables políticos (a diferentes niveles de la administración), y muchos millones de españoles son conscientes de que la contaminación acústica puede afectar muy negativamente a su y calidad de vida.

En particular, en el curso de los últimos 10-15 años, se han llevado a cabo en nuestro país, por parte de diferentes autores e instituciones, diversos estudios sobre el tema. La mayoría de estos trabajos se han centrado en la realización de lo que se denominan "mapas sonoros" en diferentes ciudades españolas. La información obtenida en este tipo de trabajos resulta de gran utilidad en muchos sentidos, por ejemplo, como elemento de orientación para la lucha contra el ruido o como base para desarrollar y aplicar la legislación y normativas al respecto.

En esta conferencia presentaremos algunas consideraciones de carácter general sobre la contaminación acústica en las zonas urbanas, ilustrándolos con algunos resultados y referencias concretos obtenidos en diferentes investigaciones sobre este tema llevadas a cabo por nuestro Laboratorio a lo largo de estos últimos años.

LA CONTAMINACION SONORA EN ZONAS URBANAS

Aunque la presencia del ruido ambiental en las ciudades fue ya citada por los clásicos, la degradación más importante del medio ambiente sonoro se produce a partir del siglo pasado como consecuencia de la revolución industrial, el desarrollo de los modernos medios de transporte y el enorme crecimiento de las concentraciones urbanas.

En la actualidad, los principales objetos sonoros que constituyen el medio acústico en las zonas urbanas de todos los países desarrollados están relacionados con los medios de transporte de personas y mercancías (4). Aunque esta categoría de fuentes acústicas está constituida fundamentalmente por tres tipos de vehículos (automóviles, aviones y ferrocarriles), la fuente de ruido más importante en las zonas urbanas es, sin duda alguna, el tráfico rodado. Esta situación es una consecuencia del aumento experimentado por el parque automovilista en el curso de estos últimos años y del hecho de que, en general, las ciudades por las que circulan tales vehículos no han sido concebidas para soportarlos.

Junto con los medios de transporte, en todas las ciudades existe una extensa variedad de otras fuentes sonoras que, en mayor o menor grado, contribuyen a su ambiente acústico. Esta relación incluye a las industrias, las obras públicas y la construcción, las voces humanas, las sirenas y alarmas, las actividades lúdicas y recreativas, entre otras.

La gravedad del problema planteado exige la realización de un control efectivo de los correspondientes niveles sonoros y una planificación adecuada de la lucha contra el ruido en las zonas urbanas. La primera tarea a abordar en este

sentido suele consistir en la realización de los correspondientes mapas sonoros, como fuente de información básica para caracterizar el ambiente sonoro de una ciudad.

Desgraciadamente, la gran variabilidad espacial y temporal de los niveles sonoros existentes en cualquier ciudad moderna dificulta considerablemente esta tarea. En consecuencia, las estrategias concretas adoptadas en cada caso pueden ser muy diferentes. En cualquier caso, este tipo de trabajos es muy laborioso y exige la utilización de recursos humanos y materiales muy importantes; por esta razón, hasta hace relativamente poco tiempo, el número de estudios realizados sobre el tema en España era bastante escaso en relación con otros países de nuestro entorno.

Como ya hemos indicado, esta situación ha cambiado sustancialmente en el curso de estos últimos años. El agravamiento objetivo de la situación en muchas zonas urbanas y la creciente sensibilización de nuestros ciudadanos hacia este problema medioambiental han impulsado la realización de los correspondientes estudios por parte de numerosos grupos especializados en este campo de trabajo (5-12).

En líneas generales, los resultados obtenidos en todos estos trabajos son perfectamente comparables con los encontrados en otros países industrializados. Recientemente hemos llevado a cabo un trabajo de recopilación de las medidas de niveles sonoros realizadas por diferentes autores e instituciones en un total de 23 ciudades españolas de tamaño grande y medio, cubriendo un amplio rango de características en todos los sentidos (13).

Ante todo, el primer resultado a destacar en dicho estudio ha sido la gran semejanza que suelen mostrar la mayoría de los datos analizados. Con la exclusión de los casos más extremos (perfectamente justificados a la luz de las metodologías utilizadas), los valores medios de los niveles sonoros equivalentes L_{eq} (en periodo diurno) encontrados en todas las ciudades estudiadas en este trabajo varían entre 65 y 70 dBA.

El valor medio de los L_{eq} diurnos medidos en dicha muestra ha sido 67.1 dBA. Este valor corresponde a la media ponderada de los valores medios del nivel sonoro equivalente L_{eq} encontrados en las 23 ciudades o zonas urbanas incluidas en el estudio, utilizando como coeficiente de ponderación el número de puntos de medida considerados en cada caso; el número total de dichos puntos ha sido 4.624, lo cual confiere una elevada significación estadística al resultado anteriormente citado.

De hecho, las diferencias observadas entre unas ciudades y otras no parecen estar originadas fundamentalmente por las diferencias de tamaño entre ellas (en la muestra analizada se incluyen municipios entre 20.000 y 4.000.000 habitantes), sino por las diferencias en las estrategias adoptadas por los respectivos autores en la realización de las correspondientes medidas (por ejemplo, los criterios de elección de los puntos de medida, la inclusión o no de zonas suburbanas o pedanías, etc.).

Todos los datos analizados por nosotros en el citado trabajo ponen de manifiesto con gran claridad que la existencia de niveles de contaminación sonora particularmente elevados no es un fenómeno privativo de los centros urbanos, sino que tales niveles elevados se dan en la totalidad de los tejidos urbanos (lógicamente, con la excepción de las zonas más periféricas, parques, etc.).

El procesamiento de los datos analizados nos ha permitido también estimar que tan sólo un 4% de los residentes en las zonas urbanas incluidas en la presente muestra están sometidos a niveles sonoros equivalentes Leq diurnos por debajo de 55 dBA. Un 32% de dichos residentes están sometidos a niveles sonoros Leq comprendidos entre 55 y 65 dBA (es decir, viven en emplazamientos que se suelen considerar como "zonas grises"). Finalmente, el 64% restante están sometidos a niveles Leq superiores a los 65 dBA ("zonas negras").

Como es natural, la posibilidad de extender las anteriores conclusiones (deducidas para una muestra de 23 ciudades o zonas urbanas españolas en las que habitan algo más de 7 millones de personas) al conjunto de las zonas urbanas de nuestro país presenta numerosas dificultades. Sin embargo, vamos a realizar un intento de carácter puramente especulativo en tal sentido.

Partiendo de la hipótesis de que las poblaciones incluidas en el conjunto analizado, consideradas de forma global, constituyen una muestra bastante representativa de la totalidad de ciudades grandes y medias de nuestro país (un 64% de los españoles viven en municipios con más de 20.000 habitantes), llegamos a la conclusión (excluyendo de este cómputo a todos los que residen en municipios más pequeños, lo cual, evidentemente, es una estimación muy optimista) de que un 40% de los habitantes de nuestro país (es decir, unos 16 millones de personas) viven en zonas urbanas expuestas a niveles sonoros equivalentes Leq diurnos que diferentes organismos internacionales consideran "inaceptables" para zonas residenciales.

En particular, la conocida afirmación de que "España ocupa el segundo lugar, por detrás de Japón, en el ranking de los países más ruidosos del mundo", basada en una estimación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (14), y que ha sido objeto de cierta polémica en más de una ocasión, no sólo resulta perfectamente justificada a la luz de los resultados encontrados en el presente análisis, sino que, de hecho, se podría apuntar incluso la posibilidad de que la estimación de la O.C.D.E. fuera un tanto conservadora.

En su momento, la O.C.D.E. estimó que un 23% de la población de nuestro país estaba expuesta a un nivel sonoro Leq (producido por el tráfico rodado y medido en el exterior de los edificios en periodo diurno) superior a 65 dBA. (En el caso de Japón dicho porcentaje era del 31%). Los resultados encontrados en nuestro análisis (como es natural, tomados con la debida cautela!) parecen indicar que en España dicho porcentaje es en realidad del orden del 40%, una cifra que podría llevarnos, posiblemente, a ocupar el nada deseable primer lugar en el citado ranking.

En cualquier caso, los resultados obtenidos en nuestro trabajo confirman plenamente la conclusión de que, en términos generales, nuestro país merece el calificativo de "muy ruidoso" y, en consecuencia, podemos afirmar objetivamente que el ruido urbano es un problema medioambiental muy importante en España.

LOS EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LOS RESIDENTES

La posibilidad de que el ruido ambiental produzca efectos negativos sobre la salud de las personas (15) ha estimulado en gran medida la investigación en este campo y ha constituido una motivación muy importante en la lucha contra la contaminación sonora. Aunque los efectos de la exposición a niveles elevados de ruido en los centros de trabajo sobre la capacidad auditiva de los trabajadores son bien conocidos desde hace mucho tiempo, la relación entre el ruido y los efectos no auditivos (diferentes efectos mediados por estímulo del sistema nervioso) es mucho más incierta. En cualquier caso, está ampliamente demostrado que el ruido perturba el sueño, interfiere con la comunicación oral, afecta a las actividades mentales y psicomotoras, y, en general, origina una molestia subjetiva más o menos importante en las personas expuestas a este factor (16)(17).

A lo largo de la última década, en el Laboratorio de Acústica del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Valencia hemos llevado a cabo una serie de trabajos con el fin de evaluar los efectos del ruido ambiental sobre los residentes en diferentes ciudades y zonas urbanas de la Comunidad Valenciana. La mayoría de estas investigaciones tenían un carácter complementario de las medidas de niveles de contaminación acústica diurnos (mapas acústicos), o de aquellas otras en las que se evaluaba la variación temporal de dichos niveles de ruido ambiental (medidas continuas realizadas a lo largo de las 24 horas del día). Todos estos estudios se han basado en la realización de diferentes encuestas (con los planteamientos usuales en estos casos) en las ciudades de Valencia, Alcoy, Gandia, Playa de Gandia, Paterna y Aldaia. Aunque con objetivos y metodologías muy diferentes (en función de nuestros intereses específicos en cada caso) en esta serie de trabajos se han encuestado un total de 4.485 personas.

Vamos a tratar de presentar a continuación un resumen muy breve de las conclusiones más importantes obtenidas en esta serie de trabajos, destacando especialmente las que presentan un mayor interés general.

En la mayoría de los cuestionarios que hemos utilizado en los trabajos citados se incluía alguna pregunta relativa a cuáles son las fuentes sonoras que resultan más molestas para los ciudadanos. Como es natural, las respuestas dependen de las condiciones concretas que existan en la zona de residencia de los encuestados y de su sensibilidad personal ante un tipo u otro de fuente sonora. En general, la fuente de ruido más molesta es el tráfico rodado: como media, un 43% de los encuestados en las ciudades de tamaño grande y medio (Valencia, Alcoy y Gandia) opinaron que la fuente de ruido más molesta es el tráfico rodado.

En términos generales, nuestras encuestas han demostrado que el segundo lugar entre las fuentes de ruido que resultan más molestas en las ciudades estudiadas son la construcción y obras públicas (15% de los encuestados), una actividad muy frecuente en todas las zonas urbanas. Para una proporción muy similar de personas encuestadas (14%), la fuente sonora más molesta son las voces de los vecinos o los niños.

El impacto sonoro de las industrias es bastante menor que los anteriores (5%) y lo mismo sucede con el ruido producido por los aviones. Concretamente, ésta es la fuente más molesta para apenas un 2% de la muestra considerada, aunque, como es natural, esta proporción aumenta sensiblemente cuando las personas encuestadas residen en las proximidades de algún gran aeropuerto.

Como es usual en este tipo de trabajos, la evaluación del nivel de molestia subjetiva que produce el ruido ambiental al que están expuestos los residentes en zonas urbanas se ha realizado en la mayoría de nuestras encuestas analizando las respuestas a una pregunta tal como "¿en qué cuantía le molesta a Vd. el ruido que percibe cuando se encuentra en su casa?", expresadas mediante una escala semántica diferencial de cinco puntos (mucho, bastante, regular, poco y nada).

Sin duda, el resultado más importante en este sentido se refiere a la proporción de los encuestados que están "muy molestos" ("highly annoyed") a causa del ruido ambiental que perciben cuando se encuentran en sus casas. Si consideramos que esta calificación se puede aplicar al nivel más alto de la citada escala de cinco puntos (es decir, a los que han contestado "mucho"), y calculamos la media ponderada de todos los datos recogidos en la anterior tabla, encontramos que un 21% de las personas encuestadas están "muy molestas" por el ruido.

Si recordamos que los niveles sonoros equivalentes L_{eq} medios medidos en todas estas ciudades se sitúan entre los 65 y 70 dBA, concluimos que el citado porcentaje de residentes "muy molestos" a causa del ruido coincide perfectamente con la proporción esperada para dichos niveles de ruido según un conocido trabajo realizado hace algunos años (18), en el que se recopilaban los resultados encontrados en once trabajos de investigación llevados a cabo en diferentes países de Europa y Estados Unidos.

Este resultado representa, ante todo, una confirmación adicional de la validez de las tendencias generales que se ponen de manifiesto en dicha recopilación. Por otra parte, los resultados de la comparación ponen de manifiesto también que la respuesta subjetiva de nuestros conciudadanos ante el ruido ambiental coincide prácticamente con la que manifiestan los residentes en otros países más o menos afines al nuestro, rompiendo de este modo con el tópico (que en algunas ocasiones hemos tenido que rebatir en algún congreso internacional) de que los ciudadanos españoles, amantes del jolgorio y de las fiestas, suelen soportar el ruido ambiental mucho mejor que los residentes de otros países.

Numerosos trabajos han demostrado que una de las consecuencias más negativas del ruido ambiental en los medios

urbanos es la perturbación del sueño (19)(20). Reconociendo la importancia de este problema, en la mayoría de los cuestionarios utilizados en el estudio de los efectos del ruido ambiental sobre los residentes en zonas urbanas se han incluido algunas preguntas relacionadas directa o indirectamente con dicha cuestión.

En general, la interferencia del ruido ambiental sobre el sueño se ha evaluado mediante unas preguntas tales como "¿le cuesta dormirse a causa del ruido?", o "¿se despierta durante la noche a causa del ruido?", con respuestas tales como "frecuentemente", "en ocasiones" o "nunca". Aunque los resultados obtenidos muestran una alta variabilidad, hemos estimado que un 8% de las personas encuestadas manifiestan que "frecuentemente" tienen dificultades para conciliar el sueño o se despiertan por la noche a causa del ruido.

Ciertamente, dicho porcentaje es bastante elevado. Si, como hicimos anteriormente, introducimos también aquí la hipótesis de que la muestra a la que nos estamos refiriendo es representativa de las poblaciones con más de 20.000 habitantes en nuestro país, llegamos a la conclusión de que unos 2 millones de nuestros conciudadanos ven perturbado su sueño "frecuentemente" a causa del ruido.

Aunque no disponemos de una información adecuada sobre este tema referida al conjunto de España, tenemos la impresión de que, en líneas generales, la mayoría de las conclusiones obtenidas en los trabajos realizados por nuestro Laboratorio en la Comunidad Valenciana, a las que acabamos de referirnos, se podrían extrapolar fácilmente a otras muchas ciudades españolas. Este convencimiento nos lleva a afirmar, una vez más, que la contaminación sonora es un factor medioambiental de enorme importancia en la mayoría de las ciudades de nuestro país, con efectos muy negativos sobre la salud, el bienestar y la calidad de vida de millones de residentes en zonas urbanas.

EVOLUCION TEMPORAL Y PROSPECCIONES DE FUTURO

Todos hemos leído o escuchado frecuentemente la afirmación de que la gravedad del problema de la contaminación acústica en España ha experimentado un aumento considerable a lo largo de las últimas décadas. El incremento de los niveles de ruido ambiental en las zonas urbanas de nuestro país ha sido producido, fundamentalmente, por el extraordinario aumento en el parque de vehículos que ha tenido lugar durante los últimos 30 años.

Evidentemente, la disponibilidad de datos objetivos que permitan conocer con el máximo detalle posible la evolución actual de este problema y, a partir de ellos, poder realizar algunas predicciones sobre su posible evolución en el futuro constituyen una herramienta de extraordinaria importancia para orientar de forma adecuada las posibles acciones de la lucha contra el ruido ambiental.

En una comunicación presentada en estas mismas Jornadas hemos analizado con algún detalle esta cuestión, basándonos en la información obtenida en cuatro series diferentes de medidas de niveles de ruido ambiental diurno, llevadas a

cabo en la ciudad de Valencia entre los años 1979 y 1992. Este conjunto de datos es posiblemente uno de los pocos con que podemos contar en nuestro país (con un carácter coherente y abierto por tanto a un estudio del tipo que se pretende) sobre este tema.

Tras algunas medidas preliminares, el primer mapa sonoro de la ciudad de Valencia fue realizado por nuestro Laboratorio entre 1979 y 1981 (ruido ambiental diurno); en este mapa se consideraron un total de 380 emplazamientos diferentes, distribuidos según un reticulado regular (5). Algunos años más tarde, realizamos una nueva serie de medidas, en este caso según un reticulado de 90 puntos (21). Posteriormente, llevamos a cabo nuevas medidas de ruido ambiental, en esta ocasión en una distribución aproximadamente aleatoria (17). Finalmente, con fecha relativamente reciente (1992) realizamos una cuarta serie de medidas, en los mismos 90 emplazamientos considerados en 1984 (13).

Los resultados obtenidos en estas cuatro series de medidas no presentan diferencias significativas entre ellos. En particular, las distribuciones estadísticas de los niveles sonoros equivalentes L_{eq} son muy parecidas y lo mismo sucede con los correspondientes valores medios (69.9, 71.3, 69.0 y 70.5 dBA, respectivamente).

En realidad, si nos centramos exclusivamente en las dos series de medidas realizadas en los años 1984 y 1992 (rigurosamente comparables), se pone de manifiesto incluso una pequeña disminución en tales valores. En consecuencia, en términos estadísticos y con referencia al periodo temporal citado, cabe concluir que los niveles de ruido ambiental en Valencia se han mantenido prácticamente estables, apuntándose una ligera tendencia al descenso.

Si atendemos a que, durante el periodo citado, el parque de vehículos en esta ciudad y las intensidades medias diarias de tráfico han experimentado un claro aumento (según se desprende de los datos proporcionados por el propio Ayuntamiento), cabe formular la conclusión de que este aumento ha sido compensado por otros factores significativos del problema que pueden haber variado también a lo largo de estos mismos años.

Concretamente, nosotros nos inclinamos por atribuir este papel compensador a la evidente mejora experimentada por la tecnología de los vehículos, al rejuvenecimiento general que ha experimentado el parque de vehículos y a la disminución experimentada en el número de ciertos vehículos especialmente ruidosos a lo largo de la última década.

En cualquier caso, las conclusiones generales de nuestra investigación en la ciudad de Valencia se ven respaldadas por los resultados obtenidos en otros estudios similares al nuestro, realizados en otras ciudades a lo largo de estos últimos años. Desgraciadamente, los datos existentes sobre este particular son todavía muy escasos, pero la tendencia en el sentido apuntado parece clara en muchos de ellos.

A título de ejemplo, podemos citar las medidas de ruido ambiental llevadas a cabo en la ciudad de Praga entre 1976

y 1991, cuyos resultados más importantes se discutieron en un Congreso internacional celebrado recientemente en esta misma ciudad (22). La información de que se dispone en este caso pone de manifiesto una ligera disminución en los valores del nivel sonoro equivalente Leq medidos a lo largo de estos 15 años. En las conclusiones de este trabajo se apuntaba que, dado que la intensidad del tráfico rodado había experimentado un aumento muy notable durante dicho periodo, era necesario concluir que la mejora observada está originada por la concurrencia de otros factores significativos del problema.

En el mismo sentido, nos parece interesante recordar que en un trabajo publicado hace ya algunos años (23) se elaboraba una previsión sobre la evolución temporal del ruido ambiental en los Estados Unidos, basada una vez más en el papel del tráfico rodado como contribuyente más significativo a la contaminación sonora en medios urbanos. Resulta curioso recordar que, aunque en esta previsión se reconocía que los niveles de ruido ambiental "están cambiando de año en año" (debido al crecimiento en el número de vehículos y a las mejoras tecnológicas), se decía a continuación que "en 1990, el problema del ruido puede no existir, como consecuencia de una reducción sustancial de las fuentes de ruido". Aunque el optimismo del autor resultaba a todas luces excesivo, sus cálculos ponían de manifiesto que, con una reducción muy plausible en los niveles de ruido producidos por los vehículos (y especialmente, los vehículos pesados), se podía llegar a conseguir una reducción de hasta 3 dBA en los niveles medios de ruido presentes en zonas urbanas entre los años 1973 y 1993.

En un estudio sobre el ruido ambiental en zonas urbanas llevado a cabo recientemente en Francia (24)(25), se afirma que un 16% de la población urbana de este país está sometida a niveles de ruido ambiental elevados ($Leq > 65$ dBA) y un 37% de la misma está expuesta a niveles medios ($55 < Leq < 65$ dBA). Aunque, al parecer, la exposición a los niveles de ruido más elevados ("zonas negras") se ha estabilizado durante estos últimos años, la proporción de población expuesta a niveles medios ("zonas grises") ha experimentado un cierto aumento. En este mismo estudio se afirma también que el valor medio del nivel sonoro equivalente Leq diurno en Francia es del orden de 60.2 dBA, con una desviación típica de 6.4 dBA; como es natural, el valor medio de los Leq en los núcleos urbanos (por encima de 5.000 habitantes) es algo más elevado (del orden de 64 dBA). En este trabajo se hacen también algunas estimaciones sobre el elevado coste social de la contaminación sonora (basados en la depreciación de las viviendas, gastos en el aislamiento acústico de los edificios, efectos sobre la salud, etc.).

En líneas generales, creemos que estas mismas consideraciones son perfectamente aplicables a la situación existente en nuestro país, aunque, si procedemos a comparar toda la información de que disponemos actualmente en este sentido, llegamos a la conclusión de que la gravedad del problema del ruido ambiental en general es apreciablemente mayor en nuestro caso (por motivos de índole social, climático, urbanístico, etc.) y, en consecuencia, las medidas a aplicar en la lucha contra el ruido en España deberían ser también mucho

más contundentes.

LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION SONORA

Hoy en día, todos los países desarrollados reconocen objetivamente que la lucha contra el ruido ambiental es un tema de enorme interés social y económico, al que dedican muchos esfuerzos una ingente cantidad de especialistas en campos muy diversos (físicos, arquitectos, médicos, sociólogos, psicólogos, urbanistas, etc.). Al margen de quienes sean los protagonistas directos de las iniciativas emprendidas en cada caso concreto, resulta evidente que el control del ruido ambiental es responsabilidad de toda la sociedad, es decir, de la Administración (en sus diferentes niveles) y del conjunto de ciudadanos (como individuos aislados o agrupados en colectividades).

Para solucionar los numerosos problemas que plantea un control eficaz de la contaminación acústica se suele seguir un proceso lógico. La primera fase de este proceso consiste siempre en su adecuada evaluación (realización de medidas, encuestas, etc.). La segunda fase consiste en la formulación de los objetivos a alcanzar en un caso determinado (fijación de los niveles de ruido ambiental que pretendemos conseguir con la aplicación de unas determinadas acciones). La tercera fase se basa en la aplicación de los principios técnicos de control que resulten más adecuados para alcanzar los objetivos propuestos. Finalmente, la cuarta fase consiste en la comprobación de la efectividad de las medidas adoptadas.

Concretamente, por lo que se refiere a la lucha contra el ruido ambiental a nivel municipal, nos pronunciamos por que las correspondientes políticas se caractericen siempre por su carácter general y preventivo, dado que la relación entre los recursos disponibles y su gestión exige la adopción de estrategias globales, en las que el principio de prevención tiene una importancia fundamental. En particular, el establecimiento de un marco normativo adecuado, capaz de proporcionar un respaldo legal eficaz, para orientar y llevar a cabo las oportunas tareas de control, es absolutamente necesario. En el ámbito que nos ocupa, dicho marco normativo lo proporcionan las Ordenanzas Municipales (26).

A título meramente ilustrativo, por lo que se refiere al control de la contaminación acústica producida por el tráfico rodado (la fuente sonora más importante en todos los núcleos urbanos), nos parece oportuno referirnos a la existencia de tres líneas de actuación principales: el control del ruido en la propia fuente sonora, la actuación sobre el medio de transmisión y la protección directa de los residentes.

En el primer sentido, basta recordar que la evolución de los valores límites de emisión (gracias a la aplicación de las oportunas directivas europeas) ha contribuido considerablemente a mejorar la situación. Por ejemplo, el límite máximo de nivel de ruido para los turismos en la CEE estaba fijado en 82 dBA en 1972, 80 dBA en 1984 y 77 dBA en 1988; está previsto que este nivel se reduzca a 74 dBA en 1995. En el caso de los autobuses urbanos, la reducción ha sido todavía mayor (89 dBA, 82 dBA y 80 dBA, respectivamente); se

prevé que el nivel máximo permisible para este tipo de vehículos se reduzca hasta 78 dBA en 1995. Los costes de estas reducciones resultan muy razonables (se pueden estimar en torno al 2% del coste total del vehículo) (25)(27).

En el segundo sentido, habría que destacar, una vez más, el importante papel que juega el urbanismo en la lucha contra la contaminación sonora. Las líneas de actuación principales para controlar el ruido mediante una adecuada planificación urbanística se basan sobre todo en el establecimiento de la mayor distancia posible entre las fuentes de ruido y los enclaves más sensibles al mismo (mediante espacios abiertos, zonas verdes, etc.), la planificación del espacio comprendido entre los grandes ejes viarios y las zonas residenciales (a través de la interposición de zonas comerciales, edificios de servicios, etc.) y, en el caso más extremo, la construcción de pantallas acústicas en los laterales de las grandes vías de tráfico (28)(29).

En este mismo apartado, podríamos referirnos también a la utilización de materiales especiales muy porosos, con un elevado poder de absorción acústica, en la construcción de calzadas destinadas a soportar una alta densidad de tráfico; parece ser que la utilización de este tipo de firmes proporciona además una mejora sustancial en los índices de seguridad vial (30)(31).

En el tercer sentido, bastará con recordar aquí que la utilización de técnicas especiales de aislamiento acústico en los nuevos edificios construidos junto a las arterias de tráfico rodado más importantes, de forma tal que se alcancen valores de aislamiento del orden de 40-45 dBA (en lugar de los standards de 20-22 dBA), supone un sobrecoste inferior al 1% del precio de la vivienda. Al parecer, en algunos países europeos como Francia, Alemania, Holanda o Suiza ya se han tomado algunas iniciativas en esta dirección (en forma de ayudas o subvenciones económicas a los residentes afectados) por parte de las correspondientes administraciones públicas (25)(32).

Presumiblemente, si las políticas de control del ruido ambiental ya iniciadas en la mayoría de los países europeos siguen su curso en los próximos años, cabe esperar que se produzca una mejora sustancial en la situación actual. Por ejemplo, en un reciente estudio sobre el ruido producido por el tráfico rodado en la ciudad de Copenhague se afirma que unas 70.000 viviendas de esta ciudad (del orden del 25% de las que existen) están expuestas actualmente a niveles de ruido superiores a 65 dBA; como resultado de la adopción de una serie de medidas para controlar los niveles de contaminación acústica, se prevé que en el año 2.000, dicho número se habrá reducido a unas 45.000 (33).

En el caso de Francia (donde se ha aprobado muy recientemente una ley marco sobre el ruido ambiental), se prevé que la población urbana que en 1985 estaba expuesta a valores del nivel sonoro L_{eq} diurno superiores a 65 dBA (estimada en un 16% de los residentes, es decir, unos 6 millones de personas), habrá disminuido muy sensiblemente hacia el año 2010 (alrededor del 10% de los residentes, o sea, unos 4 millones de personas); se espera también que el valor

medio del Leq en este medio se habrá reducido en unos 2-3 dBA (26).

En cierto sentido, estos dos ejemplos se pueden considerar ilustrativos de lo que puede ser una tendencia generalizada en la evolución del problema del ruido ambiental en los medios urbanos de los países más desarrollados a lo largo de estos próximos años: una reducción importante en el número de "zonas negras" ($Leq > 65$ dBA) y un aumento también significativo de las "zonas grises" ($55 < Leq < 65$ dBA).

Resulta evidente para todos que los esfuerzos para controlar el ruido ambiental en nuestro país no han sido ni son tan intensos como los realizados en años recientes por otros países europeos. Evidentemente, nuestra preocupación por este tema se ha iniciado muy tardíamente y, todavía en la actualidad, no podemos decir que el problema del ruido ambiental tenga un carácter prioritario ni para nuestra administración ni para nuestros conciudadanos.

Si hacemos abstracción de este hecho, la aplicación de la misma metodología utilizada en la estimación anteriormente citada (26) a nuestro país nos conduce a la conclusión de que la población residente en zonas urbanas, que está expuesta actualmente a niveles sonoros Leq superiores a 65 dBA (estimada por nosotros en un 40% del total de la población total de España, es decir, unos 16 millones de personas), descendería en el año 2010 hasta un 25% del total, o sea unos 10 millones de personas (cálculos realizados suponiendo que la población de nuestro país se mantendrá prácticamente estabilizada a lo largo de dicho periodo).

Como es natural, todas estas estimaciones tienen un valor puramente indicativo y se basan en un contexto determinado. En particular, la introducción de nuevas variables en un plazo más o menos dilatado (por ejemplo, el uso de vehículos eléctricos, mucho menos ruidosos que los convencionales) podría influir considerablemente en las anteriores conclusiones.

En relación con la anterior estimación, resulta procedente comentar que, aunque la mejora conseguida en base a la citada hipótesis sería muy importante en términos absolutos, esa mejora resultaría del todo punto insuficiente si comparamos nuestra situación actual con la de otros países europeos. Una vez más, resulta evidente que los esfuerzos que nuestro país tendrá que realizar para que la calidad de su medio ambiente sonoro se aproxime a la que se prevé alcanzar dentro de unos años en otros países de nuestro entorno (es decir, si lo que pretendemos es tratar de "reducir distancias" en relación con ellos), deberán ser considerablemente mayores.

REFERENCIAS

(1) J.Celma et al.- "El ruido como contaminante en el medio ambiente".- M.A.Z. y Ayuntamiento de Zaragoza (1987).

(2) A.Calvo et al.- "El ruido en la ciudad. Gestión y control".- Sociedad Española de Acústica y Ayuntamiento de Madrid (1991).

- (3) A.L.Brown y K.C.Lam.- "Urban noise levels".- Applied Acoustics, vol. 20, pág. 23 (1987).
- (4) P.M.Nelson, ed.- "Transportation noise. Reference book".- Butterworths. London (1987).
- (5) A.García y M.Fajarí.- "Estudio del ruido producido por el tráfico rodado en Valencia".- Revista de Acústica, vol. 15, pág. 32 (1984).
- (6) J.Pons, J.S.Santiago, E.Mateos y P.Perera.- "Acoustic map of Madrid".- Proc. Convegno Internazionale Il rumore urbano e il governo del territorio. Modena (1988).
- (7) R.Alsina.- "Mappe de bruit du centre de la ville de Barcelona".- Convegno Internazionale Il rumore urbano e il governo del territorio. Modena (1988).
- (8) J.Lasa.- "Mapas acústicos (mapa acústico de Bilbao)".- Proc. Jornadas Nacionales de Acústica, pág. 61 (1989).
- (9) J.I.Sánchez.- "Contribución al estudio y análisis del ruido de tráfico en la ciudad de Valladolid".- Tesis Doctoral. E.T.S.Arquitectura de Valladolid (1989).
- (10) J.Celma et al.- "Resultado del mapa de ruidos. Propuestas". Ayuntamiento de Zaragoza (1990).
- (11) M.Arana y A.García.- "Estudio del ruido ambiental en Pamplona".- Revista de Acústica, vol. 21, pág. 57 (1990).
- (12) J.Llinares.- "Mapas sonoros de Vitoria y Benidorm".- Univ. Politéc. de Valencia (comunicación personal) (1993).
- (13) A.García.- "Estudio del ruido ambiental en la Comunidad Valenciana".- Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana (1994).
- (14) O.E.C.D. (Organization for Economic Cooperation and Development).- Report: "Fighting noise".- OECD Publications. Paris (1986).
- (15) O.M.S. (Organización Mundial de la Salud).- "Criterios de salud ambiental. El ruido".- Servicio de Publicaciones y Documentación PPS/OMS. México (1983).
- (16) J.M.Fields.- "An updated catalog of 318 social surveys of residents' reactions to environmental noise (1943-1989)". NASA Contractor Report 187553 (1991).
- (17) A.M.García.- "Estudio de los efectos del ruido ambiental sobre la salud en medios urbanos y laborales".- Monografías Sanitarias. Conselleria de Sanitat y Consum. Generalitat Valenciana. Serie D, núm. 11 (1991).
- (18) T.J.Schultz.- "Synthesis of social surveys on noise annoyance".- Journal Acoust. Soc. Amer., vol. 64, pág. 377 (1978).
- (19) M.Vallet.- "Sleep disturbance". En "Transportation noise" (P.M.Nelson, ed.). Butterworths. London (1987).

- (20) A.Llopis, A.M.García y A.García.- "Alteraciones del sueño producidas por el ruido ambiental".- Gaceta Sanitaria, vol. 12, pág. 421 (1989).
- (21) A.García y D.Bernal.- "The prediction of traffic noise levels in urban areas".- Proc. International Conference on Noise Control Engineerins, vol. II, pág. 843. Munich (1985).
- (22) J.Kozák.- "Trends in traffic noise in Prague from 1976 to 1991".- Proceedings 17th AICB Congress, pág. 61 (1992).
- (23) R.Makarewicz.- "Prognosis for urban noise in the United States - The present to 1990".- Applied Acoustics, vol. 13, pág. 281 (1980).
- (24) M.Maurin, J.Lambert y A.Alauzet.- "Enquete nationale sur le bruit des transports en France".- Raport INRETS (Bron) nº 71 (1988).
- (25) J.Lambert.- "Quelle politique pour lutter contre le bruit routier en zone urbaine?".- Recherche Transports Sécurité, núm. 32, pág. 7 (1991).
- (26) A.García.- "Legislación y normativas sobre ruido ambiental. Las Ordenanzas municipales".- Consellería de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana (1992).
- (27) B.M.Favre y J.Tyler.- "Quiet vehicle development". En "Transportation noise. Reference book" (P.M.Nelson, ed.). Butterworths. London (1987).
- (28) B.Buna y M.Burguess.- "Methods of controlling traffic noise impact". En "Transportation noise. Reference book" (P.M.Nelson, ed.). Butterworths. London (1987).
- (29) J.Serra y F.Daumal.- "Ruido y planeamiento urbano". En "El ruido en la ciudad. Gestión y control". Sociedad Española de Acústica. Madrid (1991).
- (30) Institut d'Ecologia Urbana de Barcelona.- "Jornadas técnicas de ruido ambiental en el medio urbano".- Ajuntament de Barcelona, F.A.S.E. y Diputació de Barcelona (1990).
- (31) V.Sandberg.- "Low noise road surfaces".- Proc. Intern. Conf. Noise in Metropolitan Cities, pág. 131. Madrid (1991).
- (32) A.Alexandre y J.P.Barde.- "Economic instruments for transport noise abatement". En "Transportation noise. Reference book" (P.M.Nelson, ed.). Butterworths. London (1987).
- (33) J.L.Madsen.- "Noise abatement of road traffic in Copenhagen".- International Conference on Noise in Metropolitan Cities. Madrid (1991).