

Medidas de niveles de contaminación acústica en diferentes zonas urbanas de España

Amando García Rodríguez
Departamento de Física Aplicada
Universidad de Valencia

1. 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 allí donde se suele concentrar dicha actividad, es decir, en los núcleos urbanos (Mignerón, 1980) (Calvo-Manzano et al., 1991) (Lara et al., 1995). El nivel de ruido ambiental existente en todas las grandes ciudades del mundo ha aumentado notablemente durante las últimas décadas, debido fundamentalmente al espectacular crecimiento del parque de vehículos. Dados los efectos negativos de la polución sonora sobre la salud y bienestar de los ciudadanos, esta situación exige la realización de un control efectivo del ruido en las zonas urbanas.

La primera tarea a abordar en este sentido suele consistir en la realización de los correspondientes mapas sonoros, con el objeto de conocer la localización de las zonas especialmente ruidosas de un determinado municipio (con el objetivo de poder actuar en consecuencia si se desea mejorar su situación) o de los enclaves especialmente silenciosos (para tratar de preservar esa situación privilegiada). En este sentido, los trabajos de cartografía

del ruido urbano se pueden convertir en una fuente de información de extraordinario valor para los técnicos en planificación urbanística (en temas tales como la apertura de nuevas calles o plazas, el control del tráfico, el establecimiento de zonas verdes o áreas peatonales, la ubicación de centros docentes y hospitalarios, etc.).

Desgraciadamente, este tipo de trabajos es muy laborioso y exige la utilización de recursos humanos y materiales muy importantes. Por este motivo, hasta hace relativamente poco tiempo, el número de estudios realizados en este sentido en España era bastante escaso en comparación con otros países de nuestro entorno.

Dicha situación ha cambiado sustancialmente en el curso de estos últimos años. La creciente sensibilización de los ciudadanos hacia los temas medioambientales en general, el agravamiento objetivo de la situación por lo que respecta al ruido ambiental en muchas zonas urbanas y la gran atención dedicada a este problema concreto por los diferentes medios de comunicación, han contribuido en cierta medida a despertar el interés de nuestra administración hacia este tema (en sus diferentes niveles), facilitando la realización de este tipo de estudios por parte de muchos grupos especializados en este campo de trabajo en las Universidades, Centros de investigación, Ayuntamientos, empresas privadas de consultorías, etc.

En líneas generales, la información aportada por todos estos trabajos es

muy similar a la obtenida en otros estudios de este tipo realizados en diferentes países de todo el mundo (Brown y Lam, 1987). Sin embargo, cuando se pretende sistematizar toda esta información, con el fin de llevar a cabo, por ejemplo, una comparación detallada entre los resultados encontrados en diferentes mapas sonoros, se suelen presentar muchos problemas. Las dificultades están originadas, sobre todo, por las muy diferentes metodologías utilizadas en la realización de todos estos trabajos. Concretamente, los criterios con que se han llevado a cabo las respectivas medidas (selección de emplazamientos, etc.), los métodos experimentales utilizados, las técnicas empleadas en el tratamiento de la información obtenida e incluso la forma en que se presentan los resultados encontrados, son extraordinariamente diferentes de unos casos a otros.

Por nuestra parte, en el curso de estos últimos años, hemos dedicado un gran esfuerzo a recoger una gran cantidad de la información existente en nuestro país en relación con este tema. Esta tarea de recopilación ha presentado muchos problemas debido a que los datos publicados en las revistas científicas de difusión regular son muy escasos. Buena parte de esta información sólo ha sido dada a conocer en Congresos y Simposios científicos especializados (en su mayoría, nacionales). Algunos de los datos existentes han sido objeto de Tesis Doctorales o trabajos de índole académica y, en

consecuencia, son muy poco conocidos en general. Finalmente, existen muchos trabajos que no han sido publicados nunca (informes técnicos, reports internos, etc.).

Por todos estos motivos, en la recopilación que presentamos en este trabajo pueden existir bastantes lagunas. Sin embargo, aunque dicha revisión no sea exhaustiva, creemos que es lo suficientemente amplia como para permitir la extracción de algunas conclusiones generales de gran interés en relación con el tema estudiado y proporcionar los elementos necesarios para llevar a cabo una comparación objetiva con los datos existentes en otros países de nuestro entorno.

En el siguiente Apartado damos un resumen de las características generales de los diferentes trabajos que hemos incluido en nuestra recopilación y de sus resultados más significativos, identificados por la ciudad o zona geográfica considerada en cada caso, y siguiendo un orden estrictamente cronológico (basado en las fechas en que fueron realizadas las correspondientes medidas). Dado que la mayoría de los trabajos considerados se han centrado en la medida de niveles sonoros diurnos, en esta recopilación nos referiremos exclusivamente a este tipo de datos, limitándonos tan sólo a hacer algunas breves indicaciones sobre otros tipos de información. En cualquier caso, al final del trabajo damos todas las referencias bibliográficas completas de tales trabajos para facilitar cualquier consulta o ampliación de información.

2. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE NIVELES SONOROS

Madrid (1967).

Posiblemente las primeras medidas rigurosas de niveles sonoros en los medios urbanos de nuestro país fueron las realizadas hace ya algunos años por el Instituto de Acústica del C.S.I.C. en dieciséis emplazamientos diferentes de Madrid (Santiago, 1968), con el fin las características del ruido de tráfico y sus variaciones en función de distintos parámetros (concretamente, el número y clase de vehículos, pavimentación, incli-

nación y anchura de las vías de rodadura).

En cada uno de los 16 emplazamientos considerados en este trabajo se llevaron a cabo 15 medidas diferentes de niveles sonoros (como instrumentación, se utilizó un analizador estadístico que clasificaba dichos niveles en diez intervalos de 5 dBA de anchura). Cabe señalar que todos estos emplazamientos eran vías de tráfico importantes y, por consiguiente, los niveles sonoros encontrados en las medidas eran relativamente elevados. Los valores medios de los niveles sonoros instantáneos medidos en estos emplazamientos variaban entre 68.5 dBA (calle Goya) y 79.0 dBA (Paseo de las Delicias). El trabajo centra gran parte de su atención sobre el índice "clima de ruido" NC (diferencia L10-L90). Los valores de los correspondientes índices percentiles L10 variaban entre 77.5 y 88.0 dBA; los valores de los índices percentiles L90 variaban entre 64.0 y 76.0 dBA. Basándose en los resultados obtenidos en estas medidas, en este trabajo se desarrolló una fórmula semiempírica capaz de predecir los valores de los niveles sonoros (Índice L10) con un nivel de precisión muy aceptable.

Santander (1978).

A finales de los años setenta un grupo de investigadores del Departamento de Física Fundamental de la Facultad de Ciencias de Santander llevaron a cabo una serie de medidas de niveles de ruido ambiental en esta ciudad con el fin de estudiar la aplicabilidad de un modelo semiempírico de predicción de dichos niveles en medios urbanos (Sandoval, 1977) (García et al., 1977) (García et al., 1978).

En esta investigación se consideraron un total de 24 emplazamientos diferentes de la ciudad (en todos ellos se daban condiciones de tráfico fluido). La instrumentación utilizada incluía fundamentalmente un micrófono, un registrador de cinta magnética, un registrador de nivel y un analizador estadístico Brüel & Kjaer. Las medidas se llevaron a cabo en periodo diurno, en cuatro tramos horarios diferentes (de 9.00 a 10.00 horas, de 12.00 a 13.00 horas, de 17.00 a 18.00 horas y de 19.00 a 20.00

horas). Cada una de estas medidas tuvo una duración de 20 minutos. En cada emplazamiento y tramo horario se obtuvieron los valores de los índices L10, L50, L90, Leq, TNI y NPL.

En particular, los niveles sonoros equivalentes Leq encontrados variaban entre 70 y 82 dBA, con un valor medio de 74.8 dBA. Los valores del nivel sonoro Leq estaban comprendidos entre 70-75 dBA en el 61% de los casos, entre 75-80 dBA, en el 33%, y entre 80-85 dBA, en el 6% restante. Por supuesto, estos resultados no se pueden considerar representativos del conjunto de la ciudad sino, posiblemente, sólo de sus vías de tráfico más importantes.

Valencia (1979/1981).

Tras algunas medidas preliminares, el primer mapa sonoro completo de esta ciudad fue realizado por el Laboratorio de Acústica de la Universitat de València entre Junio de 1979 y Julio de 1981 (García y Fajarí, 1982) (García y Fajarí, 1983) (Fajarí, 1984) (García y Fajarí, 1984).

En este trabajo se consideraron un total de 380 puntos de medida diferentes, cubriendo así de forma prácticamente regular (a razón de un punto cada 200-300 metros) un 90% de la zona urbana consolidada de la ciudad, con una superficie aproximada de 25 km². Las medidas realizadas tuvieron una duración de 20 minutos y se llevaron a cabo siempre en días laborables (de lunes a viernes), en cuatro tramos horarios diferentes (concretamente, entre las 8.00 y las 10.00 horas, entre las 12.00 y 14.00 horas, entre las 16.00 y 18.00 horas, y entre las 20.00 y 22.00 horas). Se utilizó un sonómetro Brüel & Kjaer tipo 2206 (display analógico). A partir de los niveles sonoros instantáneos medidos en cada emplazamiento (1 dato cada 10 segundos), se calcularon posteriormente los valores de los índices percentiles L1, L10, L50, L90, L99 y Leq. Simultáneamente, se obtuvo también información sobre las condiciones del emplazamiento, fuentes de ruido presentes, intensidad del tráfico rodado, etc.

El análisis de los resultados obtenidos en nuestras medidas demostró que, en general, no existían diferencias significativas entre los diferentes tramos

horarios del periodo diurno considerado. Los valores medios de los índices percentiles L1, L10, L50, L90 y L99 fueron 80.6, 72.7, 64.9, 58.4, y 54.4 dBA, respectivamente. Los valores del nivel sonoro equivalente diurno Leq encontrados en los 380 emplazamientos de medida variaban entre 56 y 81 dBA, con un valor medio de 69.9 dBA y una desviación típica de 6.1 dBA. Los valores del nivel Leq encontrados estaban comprendidos entre 55–60 dBA en el 2% de los casos, entre 60–65 dBA en el 15%, entre 65–70 dBA en el 33%, entre 70–75 dBA en el 29%, entre 75–80 dBA en el 20%, y entre 80–85 dBA en el 1% restante de los casos.

Alcoi (1983).

Entre los meses de Mayo y Junio de 1983 se llevó a cabo una primera serie de medidas de niveles de ruido ambiental en la ciudad de Alcoi. Este municipio está situado en el interior de la provincia de Alicante y se caracteriza por su accidentada orografía e importancia industrial (industria textil, mecánica, etc.). En aquellos años esta ciudad contaba con unos 66.000 habitantes y poseía un parque móvil de unos 24.000 vehículos (Alamar, 1984) (Alamar, 1995).

En este trabajo se consideraron un total de 136 puntos de medida diferentes, cubriendo así de forma prácticamente regular (a razón de un punto cada 100 metros) la zona urbana consolidada de la ciudad, con una superficie aproximada de 8 km². Las medidas realizadas tuvieron una duración de 10 minutos y se llevaron a cabo en días laborables (de lunes a viernes), entre las 12.00 y 14.00 horas, utilizando un sonómetro Brüel & Kjaer tipo 2206 (display analógico). A partir de los niveles sonoros instantáneos medidos en cada emplazamiento (a razón de 1 lectura cada 10 segundos), se calcularon posteriormente los valores de los correspondientes niveles sonoros equivalentes Leq.

Los valores del nivel sonoro equivalente diurno Leq encontrados en los 136 emplazamientos de medida variaban entre 54 y 82 dBA, con un valor medio de 69.5 dBA y una desviación típica de 5.9 dBA. Los valores del nivel Leq encontrados estaban compendi-

dos entre 50–55 dBA en el 1% de los casos, entre 55–60 en el 5%, entre 60–65 dBA en el 15%, entre 65–70 dBA en el 32%, entre 70–75 dBA en el 27%, entre 75–80 dBA en el 18%, y entre 80–85 dBA en el 2% restante.

Gandia (1984).

A lo largo de la última década, el Laboratorio de Acústica de la Universitat de València ha realizado una serie de estudios muy detallados sobre el ruido ambiental en esta ciudad valenciana (tanto en el núcleo urbano como en la zona turística de la playa) y sobre la respuesta subjetiva que produce en sus residentes. Concretamente, a lo largo del año 1984 se llevaron a cabo una serie de medidas sistemáticas de niveles diurnos de contaminación sonora con el fin de obtener un primer mapa sonoro de esta ciudad (García y Romero, 1985) (García y Romero, 1986) (García y Romero, 1987) (García y Romero, 1988) (Romero, 1987).

En este primer trabajo se utilizó una metodología basada en un reticulado regular con un total de 47 puntos de medida diferentes distribuidos por toda la ciudad (a razón de un punto cada 200 metros aproximadamente). Estas medidas tuvieron una duración de 20 minutos y se llevaron a cabo entre las 10.00 y 20.00 horas de días laborables utilizando un sonómetro integrador BK2221. La realización de estas medidas diurnas fue complementada con una abundante serie de medidas continuas a lo largo de las 24 horas del día (llevadas a cabo en diferentes periodos del año) en algunos emplazamientos seleccionados de la ciudad.

Los valores del nivel sonoro equivalente (Leq) obtenidos en las citadas medidas diurnas variaban entre 50 y 77 dBA, con un valor medio de 65.9 dBA y una desviación típica de 5.6 dBA. Los valores de Leq estaban comprendidos entre 50–55 dBA en el 5% de los casos, entre 55–60 dBA en el 11%, entre 60–65 dBA en el 24%, entre 65–70 dBA en el 32%, entre 70–75 dBA en el 25%, y entre 75–80 dBA en el 3% restante.

Valencia (1984).

Con posterioridad a la realización del primer mapa sonoro de esta ciudad

(1979/1981), el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Valencia ha llevado a cabo numerosas medidas de niveles de contaminación sonora en dicha ciudad. Al margen de los objetivos concretos con que han sido abordadas estas nuevas medidas, cabe señalar que los resultados encontrados en las mismas nos han permitido mantener actualizada nuestra información y estudiar con la necesaria objetividad la evolución temporal de la contaminación sonora en esta ciudad.

En particular, durante el año 1984, nuestro Laboratorio llevó a cabo un estudio específico de la relación existente entre los niveles de contaminación sonora y las características del tráfico rodado (Bernal, 1985) (García y Bernal, 1985). Los 90 emplazamientos seleccionados en esta nueva serie de medidas estaban distribuidos por toda la zona urbana de la ciudad (reticulado regular). Estas medidas se realizaron en días laborables, entre las 10.00 y las 14.00 horas, utilizando un analizador estadístico de niveles sonoros BK4426 y una impresora alfanumérica BK2312.

Los niveles sonoros equivalentes Leq encontrados en estas medidas variaban entre 63 y 81 dBA, con un valor medio de 71.3 dBA y una desviación típica de 4.3 dBA. Dichos niveles sonoros estaban comprendidos entre 60–65 dBA en el 3% de los casos, entre 65–70 dBA en el 38%, entre 70–75 dBA en el 36%, entre 75–80 dBA en el 22%, y entre 80–85 dBA en el 1% restante.

Madrid (1986/1991).

En el año 1985 se firmó un convenio entre el Ayuntamiento de Madrid y el Instituto de Acústica del C.S.I.C. con el objetivo de realizar un plano acústico muy completo de esta ciudad. Las correspondientes medidas se llevaron a cabo durante los años 1986, 1987, 1988, 1989 y 1991 (Pons et al., 1988) (Santiago, 1996).

Las medidas se circunscribieron al interior de una vía periférica de alta velocidad (M30) que rodea su centro urbano. Este trabajo se desarrolló en cinco fases diferentes, cubriendo las diversas zonas de la ciudad, y se basó en la realización de medidas diurnas en días laborables, concretamente entre

las 10.00 y las 18.00 horas de lunes a viernes, considerando que dentro de este intervalo horario la intensidad del tráfico experimenta pocas variaciones. La selección de puntos de medida se llevó a cabo según un sistema de reticulado regular, con una distancia entre puntos de 250 metros (en las zonas poco pobladas y parques, esta distancia se aumentó hasta 500 metros). Concretamente, se consideraron un total de 840 emplazamientos diferentes. Las medidas tuvieron una duración de cinco minutos cada media hora, obteniéndose un total de 16 bloques de datos en cada punto de medida. La información recogida se procesaba posteriormente en el laboratorio, calculándose los valores de los diferentes índices percentiles L_n y el nivel sonoro equivalente Leq . Simultáneamente, se tomaban datos sobre las condiciones en que se realizaba la medida y la intensidad del tráfico rodado.

Los valores medios de los niveles sonoros equivalentes medidos en los 840 emplazamientos considerados en el mapa sonoro variaban entre 48 y 81 dBA, con un valor medio de 67.5 dBA. Los valores medios de los niveles Leq obtenidos se situaron entre 50 y 55 dBA en un 3% de los puntos de medida, entre 55 y 60 dBA en un 9%, entre 60-65 dBA en un 22%, entre 65-70 dBA en un 28%, entre 70-75 dBA en un 27%, entre 75-80 dBA en un 10%, y entre 80-85% en el 1% restante. Como es natural, la situación varía fuertemente de unas zonas de la ciudad a otras. En general, se observó que los niveles sonoros son más altos en el centro de la ciudad que en la periferia. Los autores han editado un diskette en el que se recogen los resultados más significativos de este trabajo, sin duda uno de los más completos realizados en nuestro país sobre la contaminación sonora en zonas urbanas.

Alava (1987).

En el Congreso sobre "El ruido como agente contaminante", celebrado en Zaragoza en el año 1987, se presentó una comunicación en la que se daba cuenta de los resultados encontrados en un estudio de la contaminación acústica urbana producida por el

tráfico rodado en el Territorio Histórico de Alava (Ureta y Uribari, 1987).

El estudio se llevó a cabo por los Laboratorios de Ensayos e Investigaciones Industriales LABEIN por encargo de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Se eligieron tres poblaciones diferentes de Alava: Gasteiz-Vitoria, Laudio-Llodio y Agurain-Salvatierra. El estudio consistió en la realización de una serie de medidas de niveles de ruido ambiental diurno en algunos puntos característicos de estos municipios (con una duración de 5 minutos) y en medidas continuas a lo largo de las 24 horas del día en un punto concreto de cada una de ellas. Por lo que respecta a los niveles sonoros diurnos se midieron los valores de Leq , L_{max} y L_{min} en un total de 17 emplazamientos diferentes (8 en Llodio, 6 en Vitoria y 3 en Salvatierra). En las medidas continuas se determinaron los valores del nivel Leq e índices percentiles más importantes.

Los niveles sonoros equivalentes Leq medidos en periodo diurno variaban entre 56 y 81 dBA, con un valor medio de 67.2 dBA. Dichos niveles estaban comprendidos entre 55-60 dBA en un 18% de los casos, entre 60-65 dBA en un 18%, entre 65-70 dBA en un 28%, entre 70-75 dBA en un 18%, entre 75-80 dBA en un 12%, y entre 80-85 dBA en el 6% restante. Por supuesto, dado el escaso número de puntos de medida considerados, este estudio tiene poca significación estadística.

Valencia (1987).

Durante el año 1987, el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Valencia llevó a cabo una tercera serie de medidas de ruido ambiental en Valencia, con el fin de realizar una investigación específica sobre los efectos del ruido ambiental sobre la salud de los residentes (concretamente, amas de casa). (García et al., 1989) (García, 1990) (García, 1991) (García et al., 1992).

En este caso, los emplazamientos seleccionados no se distribuyeron según un reticulado regular, sino en función de la localización de las residencias de las mujeres encuestadas seleccionadas de forma prácticamente aleatoria (familiares de alumnos universitarios). En esta nueva serie se e

a cabo un total de 240 medidas de niveles sonoros, con una duración de 20 minutos, entre las 9.00 y 20.00 horas de días laborables. Las medidas fueron realizadas con un sonómetro integrador BK2221.

Los niveles equivalentes Leq medidos variaban entre 53 y 84 dBA, con un valor medio de 69.0 dBA y una desviación típica de 5.4 dBA. Los correspondientes valores estaban comprendidos entre 50-55 dBA en un 2% de los casos, entre 55-60 dBA en un 3%, entre 60-65 dBA en un 16%, entre 65-70 dBA en un 41%, entre 70-75 dBA en un 28%, entre 75-80 dBA en un 8%, y entre 80-85 dBA en el 2% restante.

Playa de Gandía (1987/1988).

Dentro de una amplia serie de estudios sobre contaminación sonora realizados en la ciudad de Gandía, durante los veranos de los años 1987 y 1988, un equipo de investigadores del Laboratorio de Acústica de la Universitat de València llevó a cabo un estudio específico de este problema medioambiental en la zona de la playa de dicha ciudad (Romero et al., 1988) (Romero et al., 1989).

Una parte importante de dicho estudio consistió en la realización del mapa sonoro diurno de dicha zona urbana. En tal sentido se llevaron a cabo tres series de medidas diurnas en un total de 65 emplazamientos diferentes, distribuidos regularmente por toda la zona. La primera serie de medidas se realizó entre las 9.00 y 14.00 horas de los meses de Julio/Agosto de 1987. Las otras dos series se realizaron entre las 9.00 y 14.00 horas y las 19.00 y 23.00 horas de los meses de Julio/Agosto de 1988, respectivamente. En todos los casos se utilizó un sonómetro de precisión BK2221. Estas medidas fueron complementadas por la realización de una amplia serie de medidas continuas a lo largo de las 24 horas del día en diferentes emplazamientos seleccionados de esta zona (53 días completos). El estudio incluyó también la realización de una encuesta entre los residentes (400 personas entrevistadas).

Los valores del nivel sonoro equivalente (Leq) obtenidos en las citadas medidas diurnas (considerando con-

juntamente los resultados encontrados en las tres series de medidas realizadas) variaban entre 45 y 81 dBA, con un valor medio de 67.7 dBA y una desviación típica de 4.9 dBA. Los valores del Leq estaban comprendidos entre 45-50 dBA en el 1% de los casos, entre 50-55 dBA en el 2%, entre 55-60 dBA en el 3%, entre 60-65 dBA en el 19%, entre 65-70 dBA en el 39%, entre 70-75 dBA en el 31%, entre 75-80 dBA en el 4%, y entre 80-85 dBA en el 1% restante.

Barcelona (1988).

Aunque no se dispone de un mapa sonoro completo de Barcelona (es decir, un mapa que cubra realmente toda la ciudad), nos parece importante reseñar que hace algunos años se llevó a cabo un estudio piloto del mismo en la zona del Ensanche de esta ciudad, con el fin de perfilar la metodología de este tipo de trabajos, analizar los índices de ruido más adecuados, etc. Entre otros aspectos del problema, las medidas realizadas en dicha zona cubrieron las 24 horas del día en diferentes emplazamientos seleccionados, una serie de medidas cortas de 20 minutos de duración en diferentes horas del día y un conjunto de datos relacionados con la eventual elaboración de un modelo de predicción de niveles sonoros (Alsina, 1987) (Alsina, 1988).

El análisis de los resultados obtenidos en las medidas diurnas de corta duración (se realizaron un total de 679 medidas, casi siempre entre las 9.00 y las 14.00 horas) puso de manifiesto que los valores del nivel sonoro equivalente Leq medidos estaban comprendidos entre 55 y 60 dBA en un 5% de la superficie cubierta por dichas medidas, entre 60-65 dBA en un 8%, entre 65-70 dBA en un 19%, entre 70-75 dBA en un 45%, y entre 75-80 dBA en el 23% restante. El valor medio de estos valores de Leq es del orden de 71.2 dBA. Como es natural, los niveles sonoros medidos durante el periodo nocturno (entre las 22.00 y las 8.00 horas) resultaron ser sensiblemente inferiores a los diurnos, aunque en general fueron también muy elevados. En cualquier caso, cabe señalar que estos resultados no se pueden considerar representativos del conjunto de

la ciudad, sino tan sólo de uno de sus distritos.

Pamplona (1988).

Este estudio fue realizado siguiendo un método experimental muy parecido al utilizado en la realización del primer mapa acústico de Valencia al que nos hemos referido anteriormente (Arana, 1989) (Arana y García, 1989a) (Arana y García, 1989b) (Arana y García, 1989c) (Arana y García, 1990).

En este caso, las medidas de niveles sonoros se basaron en un reticulado regular con un total de 170 vértices (un punto cada 220 metros aproximadamente). En cada uno de estos puntos se llevaron a cabo cuatro o más medidas diferentes de 15 minutos de duración distribuidas en cuatro tramos horarios diferentes comprendidos entre las 8.00 y las 22.00 horas. Las medidas se realizaron con dos sonómetros de precisión CEL393 y BK2231. En cinco emplazamientos seleccionados de la ciudad se llevaron a cabo medidas continuas de niveles sonoros a lo largo de las 24 horas del día. Por otro lado, en cada uno de los puntos de medida considerados se tomaron datos muy completos sobre las características del tráfico y las condiciones urbanísticas más importantes, con el fin de desarrollar con posterioridad un modelo semiempírico de predicción del ruido urbano aplicable al conjunto de esta ciudad. El estudio se completó con la realización de una encuesta entre una muestra de residentes en esta ciudad.

Los valores de nivel sonoro equivalente Leq obtenidos en todas las medidas diurnas (un total de 884 datos) se distribuyen de forma aproximadamente normal entre 46 y 81 dBA. El valor medio de este índice para toda la ciudad es 65.9 dBA, con una desviación típica de 6.6 dBA. Los resultados encontrados en estas medidas pusieron de manifiesto la existencia de diferencias importantes en los niveles sonoros medios para los diferentes barrios de la ciudad. Los valores medios del nivel sonoro diurno Leq obtenidos en los 170 emplazamientos considerados estaban comprendidos entre 50-55 dBA en el 2% de los puntos de medida considerados, entre 55-60 dBA en el 15%, entre 60-65 dBA en el 23%, entre

65-70 dBA en el 30%, entre 70-75 dBA en el 26%, y entre 75-80 dBA en el 4% restante.

Mislata (1988).

El municipio de Mislata está situado al oeste de Valencia, de cuya área metropolitana forma parte. De hecho, las zonas urbanas de estas dos ciudades están unidas sin solución de continuidad. La ciudad de Mislata cuenta con una población del orden de 40.000 habitantes. En el año 1988 un grupo de investigadores del Laboratorio de Acústica Industrial de la Universidad Politécnica de Valencia realizó el mapa sonoro de esta ciudad (Sanchis et al., 1988).

Las correspondientes medidas de niveles sonoros se llevaron a cabo en 25 emplazamientos urbanos correspondientes a cuatro tipologías diferentes: zonas de alta densidad de tráfico, zonas de mercados, zonas industriales y zonas de protección especial (enseñanza, sanitarias y servicios). Utilizando un analizador estadístico BK4426 y una impresora alfanumérica BK2312, en cada uno de estos emplazamientos se midieron los valores horarios del nivel sonoro equivalente (Leq) y de los índices percentiles más importantes (L10, L50 y L90) entre las 8.00 y las 20.00 horas.

El análisis de los resultados obtenidos en estas medidas puso de manifiesto que, durante el citado intervalo diurno, los valores medios del nivel sonoro equivalente Leq medidos en los 25 emplazamientos considerados estaban comprendidos entre 60-65 dBA en un 4% de los casos, entre 65-70 dBA en un 24%, entre 70-75 dBA en un 44%, y entre 75-80 dBA en el 28% restante. El valor medio de estos valores del nivel Leq es del orden de 70.2 dBA.

Zaragoza (1988/1989).

El estudio acústico de esta ciudad fue realizado por el propio Ayuntamiento, contando con la colaboración técnica de la empresa García BBM S.A., entre Agosto de 1988 y Junio de 1989. Basándose en los datos obtenidos en estas medidas, el Departamento de Ingeniería Mecánica de la E.T.S. Ingenieros Industriales de la Universidad de Zaragoza desarrolló posteriormente un modelo de simulación para la predicción del ruido debido al tráfico ro-

dado en esta ciudad (Celma et al., 1990).

En este caso, se ha utilizado un reticulado regular de 200x200 metros. En las zonas no urbanas y zonas rurales, el reticulado fue de 500x1000 metros. Se han considerado un total de 683 puntos de medida en el área urbana, 83 puntos en las pedanías y 113 puntos en las áreas rurales. Las medidas se distribuyeron en cuatro campañas estacionales diferentes a lo largo de los 11 meses en que se realizó el trabajo. Todas las medidas del mapa sonoro se llevaron a cabo en la campaña de otoño de 1988. Las medidas se realizaron fundamentalmente en días laborables (de lunes a viernes). Las medidas se efectuaron durante 5 ó 10 minutos cada dos horas; esta estrategia supone un total de 12 muestras/día en cada punto de medida. En base a la información recogida en cada uno de dichos puntos, se procedió a calcular con posterioridad los valores de los diferentes índices percentiles (de L1 a L99), niveles equivalentes diurnos (NED), niveles equivalentes nocturnos (NEN), niveles equivalentes de 24 horas (LEQ24) y niveles equivalentes día/noche (LDN).

El análisis de los datos obtenidos para las zonas urbanas de esta ciudad pone de manifiesto que el valor medio del nivel sonoro equivalente diurno (NED) es de 64.3 dBA. Los valores del NED obtenidos varían entre 45-50 dBA en el 1% de los puntos de medida, entre 50-55 dBA en el 4% de los puntos, entre 55-60 dBA en el 16%, entre 60-65 dBA en el 37%, entre 65-70 dBA en el 24%, entre 70-75 dBA en el 15%, y entre 75-80 dBA en el 3% restante. Cabe reseñar que en un 50% de los puntos de medida el nivel sonoro equivalente nocturno NEN superó los 54.5 dBA.

Valladolid (1985).

A finales de la década de los ochenta, un equipo de investigadores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid llevó a cabo un estudio muy completo del ruido ambiental en Valladolid (Sánchez, 1989) (Sánchez y González, 1991). En este estudio se analizaron con sumo detalle la distribución es-

pacial y la variabilidad temporal de los niveles de ruido en dicha localidad.

En una primera campaña de medidas, llevada a cabo por el Gabinete de Medio Ambiente del Ayuntamiento de la ciudad, se cubrieron un total de 321 emplazamientos diferentes, distribuidos según un reticulado de forma romboidal de 200 metros de lado. Estas medidas fueron llevadas a cabo entre las 11.00 y 20.00 horas, utilizando un sonómetro integrador (15 medidas diferentes en cada emplazamiento, cada una de ellas de 1 minuto de duración). En una fase posterior, se realizó un estudio mucho más detallado en 34 puntos diferentes, representativos de los ejes viarios más importantes de la ciudad (antiguas carreteras y caminos, vías de comunicación con las nuevas barriadas, líneas de ferrocarril, etc.), llevando a cabo medidas continuas de los niveles sonoros a lo largo de las 24 horas del día para varios días sucesivos, con el fin de analizar adecuadamente las peculiaridades que presenta su variación temporal.

Los valores del nivel sonoro equivalente obtenidos en la primera serie de medidas (primavera de 1985) se distribuyen entre 50 y 80 dBA, con un valor medio de 68.6 dBA y una desviación típica de 5.4 dBA. Los correspondientes valores estaban comprendidos entre 50-55 dBA en un 5% de los casos, entre 55-60 dBA en un 11%, entre 60-65 dBA en un 24%, entre 65-70 dBA en un 31%, entre 70-75 dBA en un 25%, y entre 75-80 dBA en el 4% restante.

Valencia (1989).

Durante los meses de Noviembre/Diciembre de 1989, un grupo de investigadores de los Departamentos de Enfermería, Medicina Preventiva y Salud Pública, y Física Aplicada de la Universitat de València llevó a cabo un estudio muy detallado de la contaminación sonora y sus efectos sobre los residentes en el barrio de Natzaret de Valencia (Aparicio et al., 1990) (Morales et al., 1990).

Las medidas de niveles sonoros diurnos (mapa sonoro) se realizaron con un sonómetro de precisión BK2221, en días laborables, en dos periodos horarios diferentes (entre las

9.00 y 13.00 horas, y entre las 17.00 y 20.00 horas, respectivamente). La duración de estas medidas de prospección general fue de 15 minutos. Estas medidas se llevaron a cabo en 48 emplazamientos diferentes del barrio, seleccionados mediante un sistema de cuadrícula regular (un punto cada 100 m aproximadamente). Además, con el fin de evaluar la evolución temporal de dichos niveles, se llevaron a cabo medidas continuas de ruido ambiental (a lo largo de cinco días consecutivos) en la fachada de una vivienda del barrio, utilizando un analizador de niveles sonoros BK4426 y una impresora alfanumérica BK2312. El trabajo se completó con la realización de medidas y observaciones sobre las fuentes sonoras más importantes (fundamentalmente, tráfico) y una encuesta entre 215 residentes para conocer su opinión sobre el problema.

Los valores medios diurnos de los niveles sonoros equivalentes Leq encontrados en los 48 puntos de medida considerados en el estudio variaban entre 54 y 75 dBA, con un valor medio de 64.5 dBA. Dichos valores estaban comprendidos entre 50-55 dBA en un 6% de los casos, entre 55-60 dBA en un 15%, entre 60-65 dBA en un 27%, entre 65-70 dBA en un 31%, y entre 70-75 dBA en el 21% restante. Cabe señalar que, en términos generales, el ambiente sonoro de este barrio es más favorable que el existente en el conjunto de la ciudad. Sin embargo, la proximidad del puerto y el tráfico pesado que genera producen muchas molestias entre los residentes.

Alicante (1990).

En los meses de Abril/Junio de 1990, un grupo de profesores del Departamento de Salud Ambiental del Instituto Canastell, de San Vicente del Raspeig, llevó a cabo unas medidas de ruido ambiental diurno en cinco emplazamientos seleccionados de la ciudad de Alicante. El trabajo se completó con la realización de una encuesta entre los residentes utilizando un cuestionario específico preparado por el Laboratorio de Acústica de la Universitat de València (Calera et al., 1990).

Las medidas de niveles sonoros se realizaron con un sonómetro Promax SU-144 en cinco emplazamientos dife-

rentes del centro de la ciudad. Las medidas se llevaron a cabo en días laborables (de lunes a viernes), entre las 8.00 y 22.00 horas, con una duración de 5 minutos cada hora, y tomando un dato cada 10 segundos. A partir de los valores de niveles sonoros instantáneos proporcionados por el citado instrumento se calcularon posteriormente los valores del nivel sonoro equivalente Leq, L10, L50, L50 y nivel medio equivalente diurno NED.

Los valores medios diurnos de los niveles sonoros equivalentes Leq encontrados en los 5 puntos de medida considerados en el estudio variaban entre 65 y 79 dBA, con un valor medio de 73.1 dBA. Dichos valores estaban comprendidos entre 65-70 dBA en un 20% de los casos, entre 70-75 dBA en un 20%, y entre 75-80 dBA en el 60% restante. Por supuesto, dada la escasez de puntos de medida y su localización en la zona del centro de la ciudad (particularmente ruidosa), estos resultados no deben considerarse representativos del conjunto de la ciudad.

Villena (1991).

La ciudad de Villena está situada en el oeste de la provincia de Alicante. Se trata de un municipio de tamaño medio, con una población de unos 31.000 habitantes. En el año 1991, un grupo de profesores del Instituto de Formación Profesional de esta localidad llevó a cabo un estudio sobre la contaminación sonora en esta ciudad, con el fin de evaluar los correspondientes niveles de ruido ambiental y sus efectos sobre la salud de los residentes (Alonso y Santapau, 1991).

Las medidas de niveles sonoros se realizaron con un sonómetro BK2206 en un total de 41 emplazamientos distintos de la ciudad, elegidos de forma tal que fueran representativos de los diferentes ambientes sonoros existentes en la misma. En cada uno de estos emplazamientos se llevaron a cabo cuatro medidas diurnas en días laborables (concretamente, entre las 8.00 y 9.00, entre las 12.30 y 13.30, entre las 16.00 y 17.00 y entre las 19.00 y 20.00 horas). La duración de cada una de estas medidas fue de 10 minutos, tomando 1 lectura de los niveles sonoros instantáneos cada 30 segundos. A partir de estos

datos se calcularon posteriormente los valores de los índices Leq, L10, L90, NC, Lmáx y Lmín.

Los valores de los niveles sonoros equivalentes Leq encontrados en los 41 puntos de medida considerados variaban entre 49 y 74 dBA, con un valor medio de 64.4 dBA. Dichos valores estaban comprendidos entre 45-50 dBA en un 5% de los casos, entre 50-55 dBA en un 12%, entre 55-60 dBA en un 15%, entre 60-65 dBA en un 17%, entre 65-70 dBA en un 32%, y entre 70-75 dBA en el 19% restante.

Paterna (1991).

La ciudad de Paterna está situada al oeste de la ciudad de Valencia, de la que dista tan sólo unos 6 km. La ubicación de un importante polígono industrial, así como su cercanía a Valencia, han motivado un crecimiento demográfico y urbanístico muy importante de esta ciudad durante los últimos años. Actualmente esta población cuenta con unos 30.000 habitantes (Bravo, 1992) (García et al., 1992).

La realización de las correspondientes medidas de niveles sonoros tuvo lugar entre Septiembre y Octubre de 1991. La selección de puntos de medida se llevó a cabo mediante un reticulado regular que cubría la totalidad de la superficie urbana consolidada de dicho municipio (del orden de 2 km²), a razón de un punto cada 100 metros aproximadamente. De acuerdo con este criterio, se consideraron un total de 79 emplazamientos diferentes. Todas las medidas diurnas tuvieron una duración de 10 minutos, y se llevaron a cabo entre las 10.00 y las 20.00 horas de días laborables, utilizando un sonómetro integrador BK2221. Simultáneamente a la realización de estas medidas, se anotaron una serie de datos significativos de cada emplazamiento (configuración urbanística, fuentes sonoras presentes, intensidad de tráfico, etc.). Estas medidas diurnas fueron complementadas por otras series de medidas continuas realizadas en algunos lugares seleccionados de la población a lo largo de las 24 horas del día.

Los valores de los niveles sonoros equivalentes Leq obtenidos en las medidas realizadas durante el periodo diurno variaban entre 52 y 81 dBA, con

un valor medio de 65.1 dBA y una desviación típica de 6.3 dBA. Los valores del nivel sonoro equivalente Leq medidos en los diferentes emplazamientos estaban comprendidos entre 50-55 dBA en un 6% de los casos, entre 55-60 dBA en un 13%, entre 60-65 dBA en un 37%, entre 65-70 dBA en un 22%, entre 70-75 dBA en un 15%, entre 75-80 dBA en un 6%, y entre 80-85 dBA en el 1% restante.

Aldaia (1991).

El municipio de Aldaia está situada en la llanura litoral valenciana, próximo a la capital y formando parte de la comarca de L'Horta Sud. Este municipio cuenta con una población del orden de 22.000 habitantes; entre los años 1940 y 1990 su población se ha multiplicado por cinco. El número de vehículos censados ha experimentado también un incremento muy notable durante los últimos años; en la actualidad existen unos 9.000 vehículos. El municipio cuenta con varios polígonos industriales, con un nivel de actividad muy importante (García et al., 1992) (Garnigues, 1994).

La selección de puntos de medida del correspondiente mapa sonoro se llevó a cabo mediante un reticulado regular que cubría la totalidad de la superficie urbana consolidada de dicho municipio, a razón de un punto cada 120 metros. De acuerdo con este criterio, se consideraron un total de 69 emplazamientos diferentes. Todas estas medidas tuvieron una duración de 10 minutos, y se llevaron a cabo entre las 9.00 y las 21.00 horas de días laborables (Septiembre/Octubre 1991), utilizando un sonómetro integrador BK2221. Simultáneamente a la realización de estas medidas, se anotaron diferentes datos significativos de cada emplazamiento (configuración urbanística, fuentes sonoras presentes, intensidad de tráfico, etc.). Las medidas del mapa sonoro fueron complementadas por una serie de medidas continuas realizadas en algunos lugares seleccionados de la población a lo largo de las 24 horas del día.

Los valores de los niveles sonoros equivalentes Leq obtenidos en las medidas realizadas durante el periodo diurno variaban entre 54 y 78 dBA, con

un valor medio de 65.6 dBA y una desviación típica de 5.2 dBA. Los valores del nivel Leq medidos en los diferentes emplazamientos estaban comprendidos entre 50-55 dBA en un 4% de los casos, entre 55-60 dBA en un 8%, entre 60-65 dBA en un 38%, entre 65-70 dBA en un 30%, entre 70-75 dBA en un 17%, y entre 75-80 dBA en el 3% restante.

Alcoi (1992).

Entre los meses de Mayo y Junio de 1992 se llevó a cabo una segunda serie de medidas de niveles de ruido ambiental en la ciudad de Alcoi. Estas medidas se pueden considerar una continuación de las realizadas en 1983 y su objetivo principal era analizar la evolución temporal de los niveles de contaminación sonora en esta ciudad a lo largo de diez años. En consecuencia, las condiciones fueron muy similares a las utilizadas en la primera serie. Cabe señalar que en el año 1992 esta ciudad contaba con unos 65.000 habitantes y poseía un parque móvil de unos 33.000 vehículos; obsérvese que, aunque la población se había estabilizado, el número de vehículos se había incrementado considerablemente (Alamar y García, 1992) (Alamar, 1995).

En este nuevo trabajo se consideraron los mismos 136 emplazamientos que en el trabajo anterior (1983), cubriendo toda la zona urbana de la ciudad (utilizando un reticulado prácticamente regular a razón de un punto de medida cada 100 metros). Las medidas realizadas tuvieron también una duración de 10 minutos y se llevaron a cabo en días laborables (de lunes a viernes), entre las 12.00 y 14.00 horas. Sin embargo, en esta ocasión se utilizó un sonómetro integrador BK2230, anotando los valores del nivel sonoro equivalente (Leq), nivel sonoro mínimo (L_{min}) y nivel sonoro máximo (L_{max}) medidos en cada emplazamiento.

Los valores del nivel sonoro equivalente diurno Leq encontrados en esta ocasión variaban entre 51 y 84 dBA, con un valor medio de 67.8 dBA y una desviación típica de 6.1 dBA. Los valores del nivel Leq encontrados estaban comprendidos entre 50-55 dBA en el 1% de los casos, entre 55-60 en el 10%, entre 60-65 dBA en el 22%,

entre 65-70 dBA en el 30%, entre 70-75 dBA en el 21%, entre 75-80 dBA en el 15%, y entre 80-85 dBA en el 1% restante. La comparación entre estos resultados y los encontrados en las medidas realizadas diez años antes pone de manifiesto una ligera tendencia a la disminución de los niveles sonoros existentes en esta ciudad.

Eibar (1992).

En Septiembre de 1989, el Gobierno Vasco proyectó realizar un estudio relativo al mapa de riesgos para la salud en el territorio histórico de Guipuzkoa (concretamente, en la comarca del Alto y Bajo Deba). Posteriormente, y siguiendo indicaciones del Servicio Vasco de Salud, los autores del trabajo decidieron centrar su atención sobre el ruido ambiental, un contaminante físico de gran importancia en dicha comarca y muy poco estudiado con anterioridad. El estudio citado se llevó a cabo en los municipios de Eibar y Arrasate/Mondragón (Larburu et al., 1992).

El municipio de Eibar se caracteriza por su elevada densidad de población (del orden de 1.410 habitantes/km²), su importancia industrial (219 industrias) y alto número de vehículos censados (9.445 vehículos). La carretera N-634 atraviesa el núcleo urbano longitudinalmente y la autopista A-8 bordea el término municipal. La selección de puntos de medida se ha realizado de forma tal que la muestra considerada contemplara adecuadamente las fuentes sonoras más notorias (tráfico, industrias, ferrocarril y zonas de ambiente nocturno) y las características urbanísticas y sociales del municipio. Se han considerado un total de 20 puntos de medida. Las medidas fueron llevadas a cabo con un sonómetro modular BK2231, a lo largo de las 24 horas del día, en general, en días laborables. En el trabajo se presentan los resultados encontrados para los índices Leq(d), Leq(n) y L_{dn} en cada emplazamiento, junto con su valoración.

En particular, los valores del nivel sonoro equivalente medidos en periodo diurno Leq(d) variaban entre 61 y 79 dBA, con un valor medio de 69.4 dBA. Los valores del nivel Leq encontrados estaban comprendidos entre 60-65 dBA en el 15% de los casos,

entre 65-70 dBA en el 40%, entre 70-75 dBA en el 30%, y entre 75-80 dBA en el 15% restante. Como es natural, los niveles Leq medidos en los mismos emplazamientos durante la noche son menores que los anteriores, aunque resultan ser bastante elevados: el valor medio del índice Leq(n) es 62.1 dBA.

Mondragón (1992).

Las medidas de niveles sonoros en Arrasate/Mondragón fueron realizadas por los mismos autores que llevaron a cabo las medidas de Eibar. Como es natural, los objetivos y la metodología de ambos trabajos son comunes (Larburu et al., 1992).

La densidad de población del municipio de Mondragón es también relativamente elevada, aunque claramente inferior a la de Eibar (860 habitantes/km²). Este municipio cuenta también con numerosas instalaciones industriales (76 industrias) y posee un parque de vehículos importante (7.623 vehículos). La carretera GI-632 (de Kampazar a Beasain) atraviesa la ciudad, y la carretera GI-627 (de Vitoria a Málzaga) la circunvala. Al igual que en Eibar, se llevaron a cabo medidas a lo largo de las 24 horas del día en 20 puntos de medida diferentes (utilizando un sonómetro modular BK2231). En el trabajo se presentan los resultados encontrados para los índices Leq(d), Leq(n) y L_{dn} en cada emplazamiento.

Los valores del nivel sonoro equivalente medidos en periodo diurno Leq(d) variaban entre 53 y 74 dBA, con un valor medio de 63.7 dBA. Los valores del nivel Leq encontrados estaban comprendidos entre 50-55 dBA en el 5% de los casos, entre 55-60 dBA en el 25%, entre 60-65 dBA en el 35% de los casos, entre 65-70 dBA en el 20%, y entre 70-75 dBA en el 15% restante. El valor medio de los niveles equivalentes medidos en los mismos emplazamientos durante la noche Leq(n) es 57.0 dBA. Estos resultados ponen de manifiesto que la contaminación sonora es más importante en el municipio de Eibar que en el de Mondragón. En general, la situación en ambas ciudades es peor durante la noche que durante el día.

Valencia (1992).

Durante los meses de Octubre a Noviembre de 1992, en el marco de un estudio general sobre la contaminación sonora en la Comunidad Valenciana (García, 1995), el Laboratorio de Acústica de la Universitat de València llevó a cabo una cuarta serie de medidas generales de ruido ambiental en la ciudad de Valencia. En esta ocasión, se utilizó una estrategia idéntica a la adoptada para realizar las medidas del año 1984, es decir, se consideraron un total de 90 emplazamientos diferentes distribuidos en un reticulado regular que cubría prácticamente toda la ciudad. De hecho, los puntos de medida seleccionados fueron exactamente los mismos que los de la serie anterior, con el fin de que la subsiguiente comparación entre los resultados obtenidos en las dos series de medidas de niveles sonoros diurnos estuviera referida a los mismos emplazamientos (por supuesto, las condiciones en que se realizaron estas dos series de medidas fueron también idénticas). La comparación entre los resultados obtenidos en estas dos series de medidas puso de manifiesto que los niveles de contaminación sonora diurna en esta ciudad se habían mantenido prácticamente constantes a lo largo de estos diez años, apuntándose incluso una ligerísima tendencia a la disminución (García, 1994).

Los niveles sonoros equivalentes Leq encontrados en los 90 emplazamientos urbanos considerados variaban entre 60 y 80 dBA, con un valor medio de 70.5 dBA y una desviación típica de 4.9 dBA. Dichos valores estaban comprendidos entre 60-65 dBA en el 15% de los casos, entre 65-70 dBA en el 29%, entre 70-75 en el 33%, y entre 75-80 dBA en el 23% restante.

Alcoi (1993).

Durante los años 1992/1993, el Ayuntamiento de Alcoy y el Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia firmaron un convenio para realizar el mapa sonoro de Alcoy (Bas, 1994).

El estudio consistió en la realización de medidas de niveles sonoros en un total de 167 puntos diferentes de la ciudad. La selección de estos emplazamientos se llevó a cabo mediante un

sistema de cuadrículas que cubría toda la zona urbana. Las medidas se llevaron a cabo tanto en periodo diurno (de 8.00 a 22.00 horas) como en periodo nocturno (de 22.00 a 8.00 horas). Los tiempos totales de medida durante el periodo diurno variaban entre 30 y 90 minutos (en función de las características de los emplazamientos considerados), distribuidos generalmente en intervalos de 15 minutos. Los tiempos de medida durante el periodo nocturno fueron siempre de 20 minutos, distribuidos en intervalos de 10 minutos. Se obtuvieron un total de 1.066 muestras. Estos datos básicos se complementaron con la realización de algunas medidas adicionales específicas en la red viaria de la ciudad. Todas las medidas se llevaron a cabo utilizando sonómetros modulares BK2231 y unidades PSION de almacenamiento de datos. Los resultados obtenidos contienen básicamente el nivel sonoro equivalente Leq, los percentiles L10 y L90, y los niveles promedios de estos índices a lo largo de las 24 horas del día.

Por lo que respecta al mapa sonoro general diurno (mapa de botones), los niveles sonoros equivalentes medios Leq variaban entre 41 y 75 dBA, con un valor medio de 58.9 dBA. Dichos valores estaban comprendidos entre 40-45 dBA en el 9% de los casos, entre 45-50 dBA en el 21%, entre 50-55 dBA en el 13%, entre 55-60 dBA en el 5%, entre 60-65 dBA en el 14%, entre 65-70 dBA en el 28%, y entre 70-75 en el 10% restante. Obsérvese que esta distribución no es normal, sino que presenta dos máximos muy diferenciados (en general, el primero de ellos corresponde a puntos de medida situados en las zonas más periféricas de la ciudad, en tanto que el segundo corresponde a la zona urbana consolidada). Esta circunstancia explica también el hecho de que el nivel sonoro medio obtenido en estas medidas sea bastante bajo.

Varias ciudades de toda España (1993).

Durante el año 1993, la empresa García-BBM S.A., de Madrid, realizó un estudio para el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, cuyos objetivos eran conocer la reali-

dad española en relación con los niveles sonoros ambientales existentes en el país y establecer la evolución que dichos niveles habían experimentado en los últimos diez años, ya que en 1983 se había realizado un estudio de características similares a éste (Mestre, 1995) (Mestre, 1996).

Ante la imposibilidad de cubrir la totalidad del territorio nacional, el estudio se centró en 12 ciudades españolas distribuidas en tres grupos diferentes: ciudades grandes (Madrid, Barcelona, Valencia y Sevilla), ciudades medias (Badajoz, Granada, Cartagena y Santander) y ciudades pequeñas (Antequera, Tortosa, Alcoy y Ponferrada). Dentro de cada una de estas ciudades se seleccionaron distintos usos del suelo (áreas residenciales, comerciales, industriales, sanitarias, culturales, servicios y ocio). En total se realizaron medidas en 579 emplazamientos diferentes, según un muestreo estadístico que cubrió las diferentes ciudades y usos del suelo, en horarios diurno y nocturno.

En las ciudades grandes, los valores del nivel sonoro equivalente diurno NED variaban entre 52 y 86 dBA, con un valor medio de 67.5 dBA. En las ciudades medias, los valores del NED variaban entre 48 y 76 dBA, con un valor medio de 65.3 dBA. Finalmente, en las ciudades pequeñas, los valores del NED variaban entre 46 y 78 dBA, con un valor medio de 64.9 dBA. Las diferencias medias entre los valores diurnos y nocturnos eran del orden de 8 dBA. El estudio reveló también que los niveles sonoros habían experimentado un ligerísimo descenso (algo inferior a 1 dBA) entre 1983 y 1993. La distribución estadística de los citados niveles sonoros era también muy similar en ambas campañas de medida. Concretamente, los valores del nivel sonoro equivalente diurno NED estaban comprendidos entre 45-50 dBA en el 2% de los casos, entre 50-55 dBA en el 3%, entre 55-60 dBA en el 9%, entre 60-65 dBA en el 26%, entre 65-70 dBA en el 35%, entre 70-75 en el 20%, y entre 75-80 dBA en el 5% restante.

Comunidad Valenciana (1993).

A lo largo del año 1993, en el marco de un convenio específico suscrito con la Conselleria de Medi Am-

bient de la Generalitat Valenciana, el Laboratorio de Acústica de la Universitat de València llevó a cabo un estudio general de la contaminación sonora en las zonas urbanas de la Comunidad Valenciana. En principio, en esta investigación se incluyeron la totalidad de los municipios con población superior a 1.000 habitantes (García y Marcos, 1994) (García, 1994) (García, 1995).

Las correspondientes medidas se llevaron a cabo en 580 emplazamientos en 180 municipios diferentes de la Comunidad. Estos emplazamientos se distribuían en todos los municipios de la Comunidad, proporcionalmente a su población, a razón de un punto de medida cada 5.000 habitantes (su localización exacta en cada caso se estableció mediante un reticulado regular). Todas las medidas se realizaron en días laborables, entre las 9.00 y 20.00 horas, entre Noviembre de 1992 y Septiembre de 1993 (excluyendo periodos festivos y vacacionales). La duración de cada una de estas medidas fue de 10 minutos. Se utilizó un sonómetro de precisión BK2221, anotando en cada caso los valores del nivel sonoro equivalente (L_{eq}) y nivel sonoro máximo (L_{max}). Junto con estos datos básicos, en cada emplazamiento se recopiló también una información muy completa sobre las características del tráfico rodado, configuración urbanística, fuentes de ruido ambiental más importantes, etc.

El valor medio de todos los niveles sonoros equivalentes obtenidos en estas medidas ha sido 67.4 dBA, con una desviación típica de 5.8 dBA. Los valores mínimo y máximo de dichos niveles fueron 49.6 y 81.9 dBA, respectivamente. Dichos valores estaban comprendidos entre 45–50 dBA en el 1% de los casos, entre 50–55 dBA en el 2%, entre 55–60 dBA en el 6%, entre 60–65 dBA en el 25%, entre 65–70 dBA en el 32%, entre 70–75 en el 23%, entre 75–80 en el 10%, y entre 80–85 dBA en el 1% restante. Por otra parte, en un 28% de los puntos de medida se encontraron valores de L_{max} que superaban los 90 dBA.

León (1993).

Un equipo de investigadores del Departamento de Ecología de la Uni-

versidad de León, en colaboración con la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de dicha ciudad, llevó a cabo en 1993 un estudio de la contaminación sonora en la misma, como elemento de información para la planificación urbanística (Luis y Fernández, 1993).

Las medidas realizadas cubrieron un total de 35 puntos diferentes, 27 de los cuales corresponden a vías de densidad de tráfico rodado media o alta, y 8 a zonas verdes (parques, jardines o descampados), con el interés de comparar la influencia de estas áreas dentro del conjunto urbano. Las medidas se realizaron con un sonómetro de precisión BK2209. Los niveles de ruido se evaluaron en base a una serie de lecturas instantáneas (a razón de 1 dato cada 20 segundos), cubriendo en todos los casos un mismo tiempo total de medida, entre las 12.00 y 14.00 horas. En cada uno de los emplazamientos considerados se repitieron estas medidas un total de 21 veces, en días diferentes a lo largo de un año. A partir de los niveles sonoros instantáneos medidos en cada punto de muestreo se calcularon los correspondientes valores del nivel sonoro equivalente L_{eq} y de los índices percentiles más representativos (L_{10} , L_{50} y L_{90}). Simultáneamente, se realizaron medidas de intensidad de tráfico.

Los valores medios de los niveles sonoros equivalentes L_{eq} encontrados en estas medidas variaban entre 44 y 78 dBA, con un valor medio de 67.2 dBA. Dichos valores estaban comprendidos entre 40 y 45 dBA en el 3% de los casos, entre 45–50 dBA en el 3%, entre 50–55 dBA en el 3%, entre 55–60 dBA en el 9%, entre 60–65 dBA en el 14%, entre 65–70 dBA en el 23%, entre 70–75 en el 28%, y entre 75–80 dBA en el 17% restante. Como es natural, los valores más elevados corresponden a aquellas vías en las que el tráfico es más intenso (en todas las vías que funcionan como carretera de tránsito o circunvalación se superaban los 75 dBA). Los niveles sonoros mínimos corresponden a las zonas verdes de la ciudad.

Esplugues de Llobregat (1993).

Dentro del programa de prácticas del módulo de Auxiliares Técnicos de

Medio Ambiente, un grupo de profesores de la Escuela-Taller de Collserola realizó en 1993 el mapa sonoro de Esplugues de Llobregat. Se trata de un municipio limítrofe con la ciudad de Barcelona, con una población del orden de 49.000 habitantes, cruzado por tres vías de tráfico importantes. Parece ser que en 1989 otros autores ya habían realizado un primer mapa sonoro de esta ciudad (Sesé y Sentís, 1993).

Utilizando sonómetros Brüel & Kjaer, se realizaron un total de 1.044 medidas en 261 puntos diferentes de la ciudad. Las medidas se llevaron a cabo siempre en días laborables, entre las 9.00 y las 20.00 horas, en general con una duración de 15 minutos. En cinco emplazamientos seleccionados de la ciudad (vías primarias y auxiliares) se llevaron a cabo medidas a lo largo de las 24 horas del día.

Los valores medios de los niveles sonoros equivalentes L_{eq} encontrados en estas medidas variaban entre 50 y 85 dBA, con un valor medio de 65.4 dBA. Dichos valores estaban comprendidos entre 50–55 dBA en el 1% de los casos, entre 55–60 dBA en el 10%, entre 60–65 dBA en el 38%, entre 65–70 dBA en el 35%, entre 70–75 en el 10%, entre 75–80 dBA en el 5%, y entre 80–85 dBA en el 1% restante. Los niveles sonoros se mantienen prácticamente constantes entre las 7.00 y 20.00 horas (en las vías secundarias) o entre las 7.00 y las 22.00 horas (en las vías primarias). Se observó también que en un 31% de los puntos de medida los niveles sonoros habían aumentado respecto a los valores encontrados en 1989 (en un 14% de los puntos dichos niveles habían disminuido). En las vías principales de tráfico que atraviesan este municipio, los niveles sonoros se habían mantenido prácticamente constantes.

Comarca de Requena/Utiel (1993).

Durante el mes de Abril de 1993, con el asesoramiento del Laboratorio de Acústica de la Universitat de València, una alumna del módulo de Salud Ambiental del Instituto de F.P. de Burjassot llevó a cabo una serie de medidas de ruido ambiental en varios municipios de la comarca de Requena/Utiel. Esta comarca está situada en el oeste

de la provincia de Valencia (Moya, 1993).

Las medidas de niveles sonoros se llevaron a cabo en un total de 24 puntos diferentes de los municipios de Requena (7), Utiel (7), San Antonio (2), Caudete (3) y Venta del Moro (5), elegidos de forma tal que fueran representativos de estos núcleos urbanos (se trata en todos los casos de municipios pequeños o muy pequeños). Las medidas se llevaron a cabo en días laborables y en periodo diurno (entre las 10.00 y 19.00 horas), utilizando un sonómetro integrador Cesva SC-10. La duración de las medidas fue siempre de 10 minutos. En cada uno de los emplazamientos considerados se obtuvieron los valores del nivel sonoro equivalente Leq y nivel sonoro máximo Lmax. El estudio se completó con la realización de una encuesta entre los residentes de esta comarca para conocer su opinión y actitud respecto al ruido ambiental.

Los valores de los niveles sonoros equivalentes Leq encontrados en estas medidas variaban entre 52 y 74 dBA, con un valor medio de 66.9 dBA. Los niveles sonoros máximos Lmax variaban entre 70 y 92 dBA. Los niveles sonoros Leq medidos estaban comprendidos entre 50-55 dBA en el 4% de los casos, entre 55-60 en el 8%, entre 60-65 dBA en el 12%, entre 65-70 dBA en el 43%, y entre 70-75 dBA en el 33% restante.

Valencia (1993).

En cumplimiento de un convenio firmado entre el Ayuntamiento de Valencia y la Universidad Politécnica de Valencia, el Laboratorio de Acústica Industrial de dicha Universidad llevó a cabo entre Febrero y Junio de 1993 una serie de medidas y estudios destinados a evaluar los niveles de contaminación sonora existentes en diferentes redes viarias de dicha ciudad (Mangano et al., 1994).

Las medidas realizadas cubrieron un total de diez itinerarios urbanos diferentes, considerados como la red que soporta mayores densidades de tráfico rodado. El mapa acústico obtenido contiene un total de 282 puntos de medida distribuidos en dicha red viaria. Las medidas se llevaron a cabo

en ocho intervalos horarios distribuidos entre las 8.00 y las 21.00 horas, utilizando sonómetros modulares BK2231 dotados del módulo estadístico BZ7115. En cada punto y tramo horario considerados se obtuvieron los valores de los niveles sonoros Leq, SEL, Máx P, Máx L y Mfn L, así como los índices percentiles más importantes (L1, L10, L50, L90 y L99).

Los 2.510 valores horarios de los niveles sonoros equivalentes Leq encontrados a lo largo del periodo diurno considerado en estas medidas estaban comprendidos entre 65-70 dBA en el 2% de los casos, entre 70-75 en el 23%, entre 75-80 dBA en el 74%, y entre 80-85 en el 1% restante (valores estimados a partir de los datos publicados). El valor medio de dichos niveles sonoros es 76.2 dBA. No se observaron diferencias significativas entre los resultados obtenidos por la mañana (de 8.00 a 14.30 horas) y por la tarde (de 17.00 a 21.00 horas). Los elevados niveles de contaminación sonora encontrados se deben a la naturaleza de los emplazamientos de medida considerados en el estudio (exclusivamente vías principales con tráfico muy intenso). En consecuencia, entendemos que estos resultados no se pueden considerar representativos del ambiente sonoro global de la ciudad.

Pozuelo de Alarcón (1994).

Entre Diciembre de 1994 y Enero de 1995, un grupo de investigadores de la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid llevó a cabo un estudio acústico de Pozuelo de Alarcón, una ciudad con unos 56.000 habitantes próxima a Madrid (Recuero et al., 1996).

El trabajo consistió fundamentalmente en la realización de una amplia serie de medidas de niveles sonoros en periodo diurno y una encuesta social entre los residentes para evaluar su opinión sobre el ruido urbano al que están expuestos. Se desarrollaron también algunas ecuaciones de predicción relacionando niveles sonoros equivalentes y densidades de tráfico rodado. Las medidas de niveles sonoros se llevaron a cabo en 64 puntos diferentes de la ciudad utilizando un DAT Sony y

un sonómetro integrador BK2230, entre otros equipos. Las medidas fueron realizadas siempre en periodo diurno (entre las 7.00 y las 22.00 horas), con una duración de 5 minutos cada dos horas. En cada caso, se obtuvieron los valores del nivel sonoro equivalente Leq, así como los de los índices Lmáx y Lmfn, entre otros.

En particular, los valores de los niveles sonoros equivalentes Leq medidos en la zona del centro de la ciudad estaban comprendidos entre 60-65 dBA en un 17% de los casos, entre 65-70 dBA en un 26%, entre 70-75 dBA en un 30%. En un 81% de estas medidas se superaron los 60 dBA. El valor medio de los resultados encontrados se ha estimado del orden de 67.0 dBA. Los valores más elevados de niveles sonoros se suelen obtener entre las 7.00 y 10.00 horas y entre las 13.00 y 16.00 horas. Como es natural, los puntos más ruidosos corresponden a emplazamientos con una alta densidad de tráfico rodado, en los que se alcanzan valores medios de Leq superiores a 77 dBA y valores medios de Lmáx superiores a 102 dBA.

Valencia (1995).

En el marco de un programa de formación y prácticas, dos colaboradores del Laboratorio de Acústica de la Universitat de Valencia llevaron a cabo un estudio de la contaminación acústica en la ciudad de Valencia. Este estudio se llevó a cabo por cuenta del Ayuntamiento de la ciudad, utilizando los recursos materiales y equipo disponibles en su Laboratorio municipal (Lacarra y Arrabal, 1995).

El trabajo consistió fundamentalmente en la realización de una amplia serie de medidas de niveles sonoros en periodo diurno, identificación de las fuentes sonoras más importantes, análisis espectrales del ruido ambiental, medidas de vibraciones y medidas de características del tráfico rodado. Las medidas de niveles sonoros se llevaron a cabo utilizando un sonómetro integrador BK2236. Estas medidas se realizaron en 22 puntos diferentes de la ciudad, considerados como representativos de las diferentes situaciones existentes en la misma. Las medidas fueron realizadas siempre en periodo diurno

(entre las 10.00 y las 12.00 horas), con una duración total entre 60 y 120 minutos. En cada caso, se obtuvieron los valores del nivel sonoro equivalente Leq, así como los de los índices L_{máx}, L_{mín}, L_{peak}, L₁₀, L₅₀ y L₉₀.

En particular, los valores de los niveles sonoros equivalentes Leq obtenidos en estas medidas variaban entre 63 y 80 dBA, con un valor medio de 73.5 dBA. Los valores del nivel sonoro equivalente Leq medidos en los diferentes emplazamientos estaban comprendidos entre 60-65 dBA en un 4% de los casos, entre 65-70 dBA en un 23%, entre 70-75 dBA en un 32%, y entre 75-80 dBA en el 41% restante. Estos resultados ponen claramente de manifiesto que la selección de puntos de medida estuvo un tanto sesgada hacia entornos urbanos en los que los niveles sonoros son más elevados (vías principales de tráfico rodado).

3. CONCLUSIONES GENERALES

Como decíamos en la Introducción, el primer elemento que llama la atención al revisar todos estos trabajos es la extraordinaria variedad de metodologías experimentales utilizadas en su realización, como resultado de las diversas circunstancias u objetivos que los han enmarcado; como es natural, esta cualidad es sumamente negativa desde el punto de vista de cualquier análisis sistemático global. Sin embargo, si tenemos en cuenta que en la presente recopilación se han incluido los resultados de las medidas de niveles sonoros diurnos obtenidos en un total de 33 trabajos diferentes, realizados en varios centenares de ciudades españolas (de muy diversos tamaños), con un total de 6.451 emplazamientos urbanos diferentes, podemos concluir que la validez estadística del conjunto de la información acumulada en estos trabajos es muy satisfactoria y permite formular algunas conclusiones generales importantes.

En primer lugar, nos parece interesante destacar la amplia variabilidad en los valores de niveles sonoros encontra-

dos en dichas medidas. Concretamente, podemos afirmar que los valores del nivel sonoro equivalente diurno Leq existentes en las zonas urbanas de España varían entre 40 y 85 dBA. Como es natural, los valores más bajos corresponden a los enclaves particularmente silenciosos que todavía existen en muchas de nuestras ciudades, grandes o pequeñas, en tanto que los más elevados se producen fundamentalmente allí donde la densidad de tráfico rodado es más elevada y las condiciones urbanísticas (anchura de las calles, etc.) son más desfavorables en relación con el problema que estamos considerando.

Salvo algunas excepciones (justificadas por las características específicas de los respectivos trabajos), los valores medios de los niveles sonoros equivalentes diurnos Leq encontrados en los 33 trabajos citados se sitúan dentro del intervalo comprendido entre los 65 y 70 dBA. El valor medio de dichos niveles sonoros diurnos Leq (calculado como media aritmética de los resultados obtenidos en todas las medidas realizadas), es igual a 67.3 dBA. Cabe llamar la atención sobre el hecho de que este valor medio es prácticamente idéntico al encontrado en el estudio realizado en 1993 en 180 municipios diferentes de la Comunidad Valenciana, anteriormente citado. En un sentido más general, podemos destacar que se trata de un valor medio bastante elevado, que supera claramente el valor de 65 dBA considerado como "inaceptable" para zonas residenciales por diferentes organismos internacionales.

Particularmente significativo es el resultado relativo a la distribución estadística de los 6.451 valores de niveles sonoros Leq incluidos en el estudio. Dichos valores estaban comprendidos entre 45 y 50 dBA en un 1% de los emplazamientos considerados, entre 50-55 dBA en un 3%, entre 55-60 dBA en un 8%, entre 60-65 dBA en un 21%, entre 65-70 dBA en un 28%, entre 70-75 dBA en un 25%, entre 75-80 dBA en un 13%, y entre 80-85 dBA en el 1% restante. Si planteamos la hipótesis de que la muestra analizada

es suficientemente representativa del conjunto del país (y en nuestra opinión lo es), podemos concluir que en un 67% de las zonas urbanas de España los niveles sonoros equivalentes diurnos superan el límite anteriormente citado (zonas negras). En otras palabras, 2 de cada 3 de nuestros conciudadanos viven en un ambiente acústico considerado "inaceptable" por los organismos internacionales.

En nuestra opinión, las anteriores conclusiones subrayan de forma contundente la gravedad que reviste el problema de la contaminación acústica en nuestro país, en general. Subrayan también muy claramente la necesidad de realizar un control riguroso de este factor ambiental basado en una serie muy amplia de medidas de tipo técnico (evaluación de los problemas y propuesta de actuaciones eficaces para resolverlos), jurídico (promulgación de normativas legales adecuadas que orienten y respalden las actuaciones pertinentes), político (voluntad de proponer y aplicar decididamente y con la debida continuidad las acciones necesarias) y social (reconocimiento por parte de los ciudadanos de la importancia del problema y contribución al éxito de las actuaciones propuestas por la administración). Sólo así podremos avanzar en la perspectiva de recuperar unas ciudades más humanas y menos agresivas que las actuales, unas ciudades libres de contaminación sonora.

Reconocimientos

Queremos expresar nuestra sincera gratitud a todos los autores, colegas y amigos, por la cesión de los datos y resultados obtenidos en sus trabajos sobre la contaminación sonora en zonas urbanas de nuestro país, sobre todo en aquellos casos en los que la información pertinente no ha sido publicada. De forma muy especial, agradecemos las aportaciones realizadas a este campo de investigación por parte de los numerosos colaboradores del Laboratorio de Acústica de la Universitat de València.

Referencias

- Alamar, M., 1984.- "Medidas de ruido ambiental en la ciudad de Alcoy".- Tesina de Licenciatura. Universidad de Valencia.
- Alamar, M., y García, A., 1994.- "Estudio del ruido ambiental en Alcoi (Alicante)".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 93), pag. 3-7. Valladolid.
- Alamar, M., 1995.- "La exposición al ruido ambiental en diferentes situaciones cotidianas: evaluación de la contaminación sonora en Alcoi".- Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Alonso, R., y Santapau, R., 1991.- "Proyecto sobre ruidos en Villena".- Informe interno, no publicado (comunicación personal).
- Alsina, R., 1987.- "Elevación de mapas sonoros".- Proceedings del Congreso sobre el ruido como agente contaminante, tomo II. Zaragoza.
- Alsina, R., 1988.- "Mappe de bruit du centre de la ville de Barcelona".- Proceedings del Convegno internazionale il rumore urbano e il governo del territorio, pág. 191-198. Modena.
- Aparicio, D.V., García, A.M., Morales, M., Merelles, T., García, A., Llopis, A., Ballester, F., Fernández, J., y Sánchez, A., 1990.- "Mapa sonoro del barrio de Natzaret".- Proceedings de la III Reunión de Ciudades Sanas en la Comunidad Valenciana, pág. 61. Valencia.
- Arana, M., 1989.- "Estudio del ruido ambiental en Pamplona".- Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Arana, M., y García, A., 1989a.- "Community noise survey in Pamplona (Spain)".- Proceedings del 8th FASE Symposium on Environmental Acoustics, pág. 129-132. Zaragoza.
- Arana, M., y García, A., 1989b.- "Mapa acústico de Pamplona y respuesta de la comunidad ante el problema de la contaminación sonora".- Proceedings del Primer Congreso Español de Ciudades Saludables, pág. 51-53. Alicante.
- Arana, M., y García, A., 1989c.- "Mapa acústico de Pamplona".- Revista de Edificación (E.T.S. Arquitectura, Universidad de Navarra), vol. 5, pág. 47-51.
- Arana, M., y García, A., 1990.- "Estudio del ruido ambiental en Pamplona".- Revista de Acústica, vol. 21, pág. 57-62.
- Bas, F.L., 1994.- "Análisis comparado de técnicas de evaluación del ruido urbano. Aplicación a la ciudad de Alcoy".- Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Bernal, D., 1985.- "Predicción de los niveles de ruido producidos por el tráfico en un medio urbano".- Trabajo fin de carrera. Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid.
- Bravo, M.J., 1992.- "Estudio del ruido ambiental en Paterna (Valencia)".- Informe interno. Departamento de Física Aplicada. Universitat de València.
- Brown, A.L., y Lam K.C., 1987.- "Urban noise levels".- Applied Acoustics, vol. 20, pág. 23-35.
- Calera, A.A., Arcas, P., y Caveró, R., 1990.- "Análisis simplificado del ruido exterior diurno en la zona centro de la ciudad de Alicante".- Informe interno. Departamento de Salud Ambiental. Instituto "Canastell". San Vicente del Raspeig.
- Celma, J., 1990.- "Resultado del mapa de ruidos. Propuestas". Informe interno. Servicio de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Zaragoza.
- Fajarí, M., 1984.- "Medidas de ruido ambiental en la ciudad de Valencia".- Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- García, A., y Fajarí, M., 1982.- "Medidas de ruido ambiental en Valencia".- Revista de Acústica, vol. 12, pág. 29-35.
- García, A., y Fajarí, M., 1983.- "Traffic noise survey in Valencia".- Proceedings del 11th International Congress on Acoustics, vol. 7, pág. 377-380. Paris.
- García, A., y Fajarí, M., 1984.- "Estudio del ruido producido por el tráfico rodado en Valencia".- Revista de Acústica, vol. 15, pág. 32-37.
- García, A., y Bernal, D., 1985.- "The prediction of traffic noise levels in urban areas".- Proceedings de la International Conference on Noise Control Engineering (Internoise 85), vol. II, pág. 843-846. Munich.
- García, A., y Romero, J., 1985.- "Estudi del soroll produït pel tràfic a la ciutat de Gandia".- Revista Ullal de Historia i Cultura, núm. 7/8, pág. 133-138.
- García, A., y Romero, J., 1986.- "Traffic noise survey in Gandía (Spain)".- Proceedings del Convegno Annuale dell'Associazione Italiana di Acustica, pág. 115-122. Sorrento.

- García, A., y Romero, J., 1987.- "Medidas de ruido de tráfico en la ciudad de Gandía".- Proceedings del Congreso nacional sobre el ruido como agente contaminante. Vol. II (ponencias y comunicaciones). Zaragoza.
- García, A., y Romero, J., 1988.- "Measurement of traffic noise in the city of Gandía".- Proceedings del 15th Congress of the International Association Against Noise (AICB), pág. 116-126. Balatonfüred.
- García, A., Garrigues, J.V., y Bravo, M.J., 1992.- "Estudio del ruido ambiental en dos ciudades pequeñas de la Comunidad Valenciana".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 92), pág. 53-56. Pamplona.
- García, A., y Marcos, A., 1994.- "Medidas de ruido ambiental en la Comunidad Valenciana".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 94), pág. 3-6. Valencia.
- García, A., 1994.- "La evolución temporal de la contaminación sonora en la ciudad de Valencia".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 94), pág. 7-10. Valencia.
- García, A., 1994.- "Estudio del ruido ambiental en la Comunidad Valenciana".- Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana.
- García, A., 1995.- "La contaminación sonora en la Comunidad Valenciana".- Consell Valencià de Cultura. Generalitat Valenciana.
- García, A.M., García, A., Llopis, A., y Morales, M.M., 1989.- "Effects of traffic noise on health".- Proceedings del 8th FASE Symposium on Environmental Acoustics, pág. 191-194. Zaragoza.
- García, A.M., 1990.- "Estudio de los efectos del ruido ambiental sobre la salud en medios urbanos y laborales".- Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- García, A.M., 1991.- "Estudio de los efectos del ruido ambiental sobre la salud en medios urbanos y laborales".- Conselleria de Sanitat y Consum. Generalitat Valenciana.
- García, A.M., García, A., Morales, M.M. y Llopis, A., 1992.- "Effets du bruit de la circulation routière urbaine sur la santé d'une population de femmes de foyer".- Population (notes et documents), vol. 2, pág. 483-488.
- García, S., García, A., Sandoval, A., y Villar, E., 1977.- "Niveles de ruido originados por el tráfico rodado en la ciudad de Santander".- Anales Instituto Estudios Industriales, Económicos y de Ciencias, vol. II, pág. 114.
- García, S., García, A., Palacios, J., Sandoval, A., y Villar, E., 1978.- "Aplicación de un modelo de ruido urbano a la ciudad de Santander".- Revista de Acústica, vol. 9, pág. 136-139.
- Garrigues, J.V., 1994.- "Estudio del ruido ambiental en Aldaia (Valencia)".- Trabajo de investigación de Tercer Ciclo. Departamento de Física Aplicada. Universitat de València.
- Lara et al., 1995.- "La contaminación sonora. Evaluación, efectos y control".- Fundación Bancaja. Valencia.
- Larburu, K., Bañuelos, A., y Irache, B., 1992.- "Evaluación de la contaminación acústica ambiental en dos núcleos urbanos de la cuenca del río Deba: Eibar y Arrasate/Mondragón".- Informe interno. Dirección de Salud de Guipúzcoa y Laboratorios de Ensayos e Investigaciones Industriales (LABEIN) de Bilbao.
- Luis, E., y Fernández, L., 1993.- "Ruido ambiental en la ciudad de León".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 93), pág. 11-14. Valladolid.
- Mangano, J.L., Marín, A., y Urchueguía, J., 1994.- "Ruido ambiental diurno producido por el tráfico en la ciudad de Valencia. Mapa de ruidos".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 94), pág. 27-30. Valencia.
- Migneron, 1980.- "Acoustique urbaine".- Ed. Masson. Paris.
- Mestre, V., 1995.- "El ruido ambiental en España".- Publicado en "La contaminación sonora. Evaluación, efectos y control". Fundación Bancaja. Valencia.
- Mestre, V., 1996.- "Medida de niveles sonoros ambientales en los distintos usos del suelo en España".- Comunicación personal.
- Morales, M.M., Aparicio, D.V., García, A.M., García, A., Merelles, A., y Ballester, F., 1990.- "An acoustic map of a district in the city of Valencia".- International Journal of Environmental Studies, vol. 39, pág. 65-77.
- Moya, M.C., 1993.- "La incidencia del ruido en la comarca de Utiel-Requena".- Memoria de prácticas. Módulo de Salud Ambiental. Instituto de F.P. de Burjassot.

- Pons, J., Santiago, J.S., Mateos, E., y Perera, P., 1988.- "Acoustic map of Madrid".- Proceedings del Convegno Internazionale il rumore urbano e il governo del territorio. Modena.
- Recuero, M., Blanco-Martin, E., y Grundman, J., 1996.- "Study of the acoustical environment of a city".- Proceedings del International Congress on Noise Control Engineering (internoise 96), vol. 5, pág. 2367-2370. Liverpool.
- Romero, J., 1987.- "Evaluación de la respuesta subjetiva producida por el ruido de tráfico en la ciudad de Gandía".- Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Romero, J., García, A., y García, A.M., 1988.- "Estudio del ruido ambiental en la playa de Gandía".- Informe interno. Laboratorio de Acústica. Universitat de València.
- Romero, J., García, A., y García, A.M., 1989.- "Noise survey in a holiday beach resort".- Proceedings del 8th FASE Symposium on Environmental Acoustics, pág. 125-128. Zaragoza.
- Sánchez, J.I., 1989.- "Contribución al estudio y análisis del ruido de tráfico en la ciudad de Valladolid".- Tesis Doctoral. E.T.S. Arquitectura. Universidad de Valladolid.
- Sánchez, J.I., y González, J., 1991.- "Estrategia de medida del ruido de tráfico por criterios urbanísticos".- Proceedings de la International Conference on Noise in Metropolitan Cities, pág. 11-14. Madrid.
- Sandoval, A., 1977.- "Estudio físico de la distribución de energía sonora y niveles de ruido ocasionado por vehículos en la ciudad de Santander".- Tesina de Licenciatura. Universidad de Santander.
- Santiago, J.S., 1968.- "Climas de ruido de tráfico en Madrid".- Revista de Electrónica y Física Aplicada, vol. 41, pág. 35-38.
- Santiago, J.S., 1996.- Comunicación personal (diskette de datos).
- Sesé, M.L., y Sentís, M., 1993.- "Actualización del mapa sónico del núcleo urbano de Esplugues de Llobregat".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 93), pág. 15-18. Valladolid.
- Ureta, I., y Uribarri, J., 1987.- "Estudio de la contaminación acústica urbana en el territorio histórico de Alava producida por el tráfico viario".- Proceedings del Congreso sobre el ruido como agente contaminante, tomo II. Zaragoza.