

Estudio de ruido ambiental y sus efectos en una pequeña ciudad: Banyeres de Mariola.

*Sanchis Francés R.; Segura García J.; Navarro Camba E.A.; García Rodríguez A.
Grup d'Electromagnetisme i Ones: Laboratori d'Acústica
Departament de Física Aplicada
Universitat de València
C/ Dr. Moliner, 50. BURJASSOT (VALÈNCIA) 46100 SPAIN
Telf: 963864345. Fax: 963983146
e-mails: raul.sanchis@uv.es ; jaume.segura@uv.es ; enrique.navarro@uv.es*

PACS 43.50.Qp

Resumen

En este estudio presentamos los resultados del análisis realizado para evaluar el ruido ambiental que padece Banyeres de Mariola y los efectos que éste tiene sobre sus habitantes. Esta pequeña ciudad se encuentra situada geográficamente al este de España, en el País Valenciano. Su población es del orden de los 7,000 habitantes. Para llevar a cabo esta investigación se ha realizado un estudio de la distribución espacial de los niveles sonoros (mapa acústico), así como de la distribución temporal (medidas de niveles continuos en las 24 horas del día). Los resultados obtenidos se han comparado con los de otros autores. También se ha realizado un análisis de la presencia de las fuentes de emisión de ruido y de la respuesta subjetiva de la población mediante un cuestionario. Para terminar, se ha presentado la respuesta de la Administración Local y de las posibles soluciones para controlar los altos niveles de ruido.

Summary

The noise pollution in Banyeres de Mariola and its effects on the population is presented in this paper. Banyeres de Mariola is a small city in the Valencian land, east of Spain (about 7,000 inhabitants). In this work we analyze the spatial variation of the noise levels, i. e., acoustic map and the temporal variation of the 24-Hours Continuous Sound Level Measurements. The results obtained for other cities are compared to our experimental data.

The emission noise's sources and the subjective response by means of a questionnaire are investigated. The response of the Local Administration is presented and possible solutions to avoid the noise pollution are discussed.

1. Introducción

La contaminación ambiental hoy en día no conoce fronteras y afecta a todo el planeta. El agotamiento de recursos naturales, el aumento del número y del tamaño de las ciudades y un largo etcétera han ocasionado en pocas décadas una pérdida de la calidad de vida humana y la degradación del entorno físico en general. Es particularmente importante el incremento incesante del ruido ambiental, ya que éste es uno de los contaminantes que ha recibido relativamente menor atención. Esta situación está motivada fundamentalmente por el hecho de que, en general, su peligrosidad no es inmediata.

El ruido lo llena todo y estamos expuestos a él casi continuamente. En la calle, en casa, en el lugar de trabajo y hasta en los lugares reservados al ocio es frecuente encontrarse con niveles de ruido demasiado elevados. Las diferentes investigaciones realizadas por diversos autores han demostrado que estos niveles sonoros tan altos afectan a la salud de las personas directamente, así como al medio ambiente en general, en una importancia relativa a las condiciones concretas de cada caso (O.M.S., 1983). Dentro de este marco, el ruido ambiental se ha convertido, en las últimas décadas, en una de las mayores fuentes de malestar en todos los países desarrollados (García, 1988) (Calvo-Manzano, 1991). Las fuentes de ruido que más contribuyen a esta clase de contamina-

ción son los medios de transporte, y en especial el tráfico rodado (García, 1994). Este hecho ha provocado, comprensiblemente, que la mayoría de estudios sobre contaminación acústica, se hayan centrado primero en las grandes urbes (García, 1984) (Pons, 1988) (Alsina, 1988) y posteriormente en las medianas y pequeñas ciudades (García, 1992) (Alamar, 1997). Una característica general de la mayoría de los estudios realizados en los últimos años, es que la población de las ciudades analizadas supera los 20.000 habitantes (García, 1996), excepto en algunos trabajos de prospección general (García, 1994). En este artículo presentamos el análisis en detalle de la situación sonora de una ciudad de tamaño muy pequeño (algo más de 7,000 habitantes): Banyeres de Mariola.

Actualmente, es de las poblaciones más pequeñas de las que se tiene menor información sobre la contaminación acústica. Esto es debido al elevado coste de recursos humanos y económicos que comportan esta clase de estudios. La novedad que presenta este trabajo es precisamente el análisis detallado de una de estas situaciones. El objetivo asumido por nuestro laboratorio en este estudio ha sido el de proporcionar una buena fuente de información sobre el problema del ruido en Banyeres de Mariola y que ésta sirva de base a la hora de tomar medidas adecuadas para su control.

2. La ciudad

Banyeres de Mariola es una pequeña ciudad montañosa caracterizada por su importancia industrial. Geográficamente está situada al norte de la provincia de Alacant y pertenece a la comarca de l'Alcoià. La altura media sobre el nivel del mar es de 816 m y la pendiente media del 4 %. Tiene una población de 7,148 habitantes y un parque automovilístico de 70 veh./100 hab. Las calles, en general, son estrechas y en forma de U (especialmente en el casco antiguo) y los edificios tienen aproximadamente 3 alturas (7 m de media). El promedio de carriles útiles para el tráfico es de 1.5. La densidad de tráfico, por término medio, está alrededor de los 130 veh./hora y la velocidad media de los automóviles es del orden de los 40 km/h*.

La principal actividad de la ciudad es la industria (ocupa aproximadamente a dos tercios de la población activa), con empresas de fabricación de papel, cartón, textiles y plásticos. En la actualidad sufre un proceso de transformación urbanística considerable: la ampliación del polígono industrial y el desarrollo urbanístico en dirección a este polígono auguran graves problemas de superposición incompatible de usos del suelo y, por tanto, de ruido ambiental.

3. Materiales y método

Para el estudio de la variación espacial de los niveles sonoros hemos realizado el mapa sonoro de la ciudad (entre junio y sep-

tiembre de 1999). Para ello se han utilizado diversos sonómetros integradores de precisión (CESVA SC-10 y SC-15) provistos de una pantalla de poliuretano para su protección y para reducir el efecto del viento. Estos sonómetros retienen niveles sonoros equivalentes y niveles máximos y son revisados diariamente con un calibrador BK4630. Para la realización de las medidas se ha elegido una metodología dinámica, tanto espacial como temporalmente. Sobre el plano de la ciudad se ha considerado una retícula de 100x100 m² y después de una selección previa, se ha estimado suficiente establecer un total de 80 estaciones de medida, repartidas de la siguiente forma: 60 en la zona básicamente urbana, 15 en la zona industrial (con porciones residenciales embebidas) y 5 en la zona residencial (urbanizaciones habitadas todo el año). Cada medida está compuesta por la toma del nivel continuo equivalente y del nivel máximo (en dBA) durante 5 minutos, suficientes para un trabajo de estas características (Recuerdo, 1997), y repetida en cinco bandas horarias diurnas: 7-10, 10-13, 13-16, 16-19 y 19-22, tras lo cual se han promediado los valores para ese punto. Las medidas se han llevado a cabo con el sonómetro en la mano, el brazo extendido para evitar reflexiones con el cuerpo (y evitando en la medida de lo posible las reflexiones en las fachadas de edificios y coches estacionados más próximos), a una altura de 1.5 m del suelo y con un ángulo de unos 45° sobre la horizontal. Todas las medidas han sido tomadas en días laborables y evitando condiciones ambientales adversas de viento fuerte y lluvia. También se han tomado las características del tráfico (volumen, composición, velocidad), de la calle (anchura, pendiente, ...) y las fuentes de ruido presentes según la apreciación subjetiva del observador.

Para el estudio de la variación de los niveles sonoros a lo largo de las 24 horas del día se han utilizado los siguientes equipos: un analizador estadístico de niveles sonoros BK4426, una impresora alfanumérica BK2312, un micrófono de condensador de 1/2 pulgada BK4165 y un calibrador. Hemos considerado 4 estaciones fijas, siendo la duración total de las medidas de 27 días y noches completos (648 medidas). El equipo está programado para medir cada 0.1 segundo los niveles L₁, L₁₀, L₅₀, L₉₀, L₉₅ y L_{eq} (en dBA), almacenarlos e integrarlos durante una hora.

Para el análisis de la respuesta subjetiva de los bañerenses hemos utilizado un cuestionario utilizado por nuestro laboratorio en otras ocasiones y propuesto en 1992 por la Sociedad Acústica del Japón (Namba, 1996). El cuestionario contiene 40 preguntas de respuesta simple o múltiple, sobre: datos demográficos, calidad del medio, nivel de satisfacción con el entorno, fuentes de ruido ambiental significativas, fuentes más molestas, etc. Se han obtenido un total de 40 encuestas válidas (suficientes para un trabajo de estas características).

4. Resultados

4.1. Variabilidad espacial: mapa sonoro

Los niveles sonoros equivalentes (L_{eq}) medidos en cada punto y banda horaria han presentado una variación entre 38.0 dBA y 75.9 dBA. Más concretamente el 37 % de las

(*) Datos obtenidos de las medidas realizadas según la apreciación subjetiva del observador.

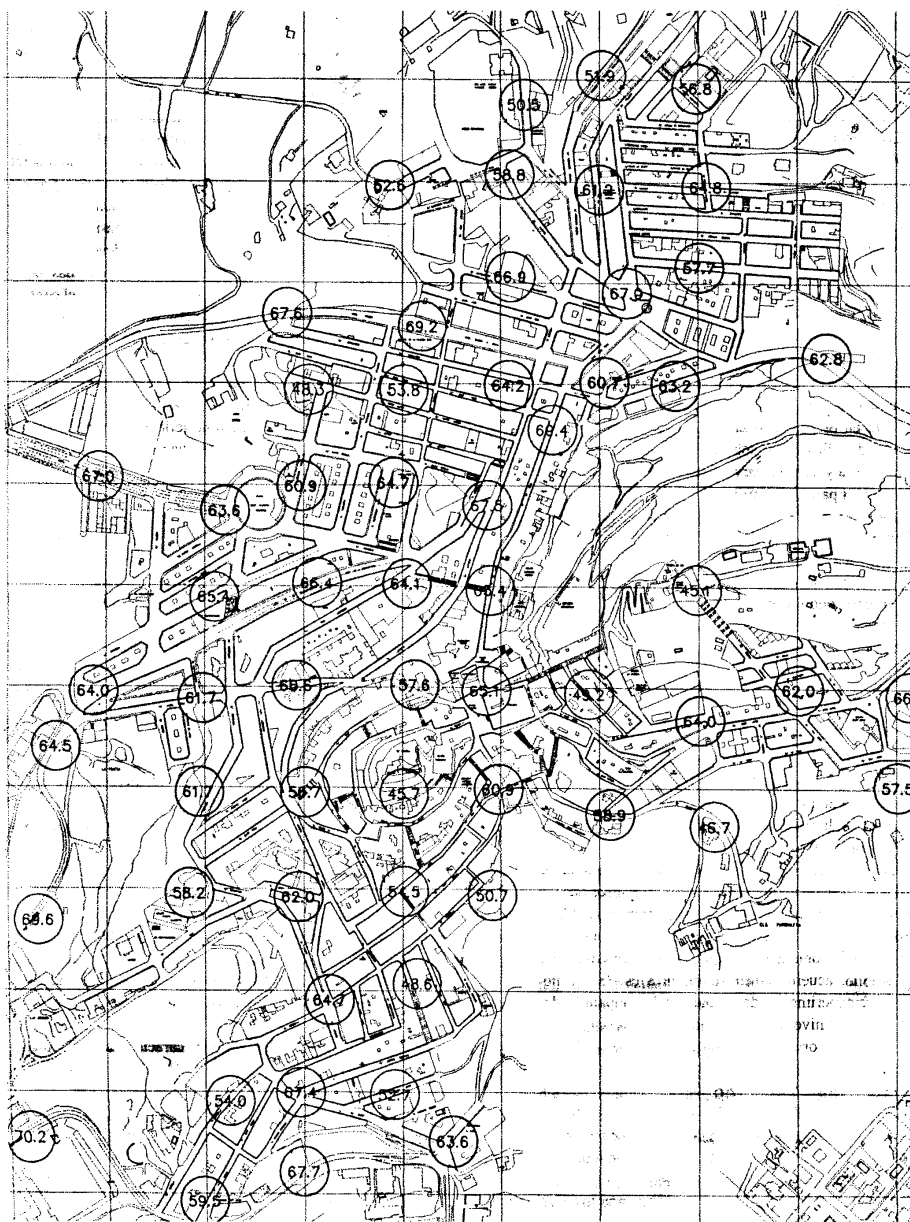


Figura 1. Detalle del mapa sonoro de Banyeres de Mariola (zona urbana).

medidas supera los 65 dBA (recordamos que niveles superiores a este nivel sonoro diurno son considerados inaceptables para el uso residencial por diversos organismos internacionales (O.C.D.E., 1986)), el 42 % se encuentra entre los 55 y 65 dBA, y tan sólo el 21 % de las medidas se encuentra por debajo de los 55 dBA, que es el nivel máximo establecido en la normativa municipal para las zonas residenciales (Ajuntament de Banyeres de Mariola, 1996). Esta situación tiene diversas implicaciones sobre la compatibilidad de usos del suelo urbano (Llinares *et al.*, 1996). De esta manera se puede afirmar que casi el 40 % de la población de Banyeres de Mariola está expuesta a unos niveles sonoros absolutamente inaceptables para un uso residencial del terreno. De hecho, apenas el 20 % de la población vive en zonas aceptables para este uso.

En la figura 1 podemos observar un detalle del mapa sonoro de la ciudad. En él se puede ver perfectamente la estructura concéntrica del centro histórico y la linealizada periferia construida en la década de los sesenta. Acústicamente se identifican las vías urbanas más sonoramente deprimidas, como las que soportan mayor tráfico de entrada y salida a la ciudad (oeste y sur).

Las medias (aritméticas) obtenidas para el L_{eq} de las diferentes zonas, las presentamos en la tabla 1. Estos valores son relativamente comparables a los obtenidos en ciudades más o menos próximas, como Villena, Benidorm o Algemesí (con poblaciones cuatro veces superior a la de Banyeres de Mariola) si se tiene en cuenta que se ha medido el periodo estival y que el nivel sonoro en el periodo invernal puede aumentar en unos 2-3 dBA (García 1999). De esta manera, los resultados obtenidos están de acuerdo con las proyecciones generales de situación sonora para el País Valenciano (García, 1994) (García, 1995).

4.2. Variabilidad temporal: medidas continuas de niveles sonoros durante las 24 horas del día

El estudio de la variación de los niveles sonoros a lo largo de las 24 horas del día supone un conocimiento de la variación temporal de estos niveles en un determinado emplazamiento. La cantidad de medidas tomadas ha sido suficientemente amplia para satisfacer los fines predictivos de esta parte del estudio (estimación de niveles percentiles, NPL, $L_{eq}(24 h.)$, LD, LN, LDN, en función de L_{eq}). Lo más significativo de los resultados obtenidos es que, bajo condiciones comparables, están de acuerdo con estudios previos (Garrigues, 1997). El ajuste experimental de los datos proporciona ecuaciones lineales con el nivel continuo equivalente en 24 horas. Los coeficientes de correlación son aceptables.

$$\begin{aligned} L_{10} &= 1.22 L_{eq} - 13.1 & r &= 0.96 \\ L_{50} &= 1.26 L_{eq} - 26.9 & r &= 0.92 \\ L_{90} &= 0.96 L_{eq} - 16.7 & r &= 0.86 \\ NPL &= 1.26 L_{eq} + 3.5 & r &= 0.91 \end{aligned}$$

Con fines predictivos, se han analizado los niveles equivalentes diarios y nocturnos en función de la medida del L_{eq} horario (entre las 10:00 y las 11:00 horas)*.

Zona urbana (60 puntos)	60.6	8.1	78.5	9.2
Zona Industrial (16 puntos)	67.0	9.2	84.9	6.0
Zona residencial (6 puntos)	51.5	6.4	70.3	7.1

Tabla 1: Medias de los niveles equivalentes y máximos.

$$\begin{aligned} L_{eq}(24 h.) &= 0.73 L_{eq}(10-11) + 15.9 & r &= 0.96 \\ LD &= 0.80 L_{eq}(10-11) + 12.3 & r &= 0.97 \\ LN &= 0.29 L_{eq}(10-11) + 32.4 & r &= 0.46 \\ LDN &= 0.65 L_{eq}(10-11) + 21.7 & r &= 0.93 \end{aligned}$$

El análisis ha sido satisfactorio para todos los índices, excepto para el LN, ya que presenta una correlación muy baja. Esto puede ser a causa del bajo ruido de fondo nocturno (zonas valle de los niveles de evolución diaria) y la presencia de algunos niveles intensos pero de corta duración, que generalmente provocan un fuerte malestar sobre la población. En relación a este hecho, una situación observada y digna de reseñar es el fuerte impacto de la recogida de basuras. Los niveles máximos nominales medidos están alrededor de los 70 dBA.

4.3. Análisis de las fuentes sonoras: relación ruido-tráfico rodado

Como ya hemos dicho anteriormente, numerosos estudios afirman que el tráfico rodado es el que ocasiona la mayor parte del ruido a las ciudades. Los resultados obtenidos según la apreciación subjetiva de los observadores están de acuerdo con este hecho: la fuente de ruido más presente a lo largo del proceso de medida es el tráfico rodado (90 % de aparición), seguido de las voces humanas (58 %), los animales (49 %), las motocicletas (48 %), las industrias (44 %), los vehículos pesados (35 %) y la construcción (26 %).

Dada la relación directa entre el aumento de tráfico y el de los niveles sonoros, se hace necesario un análisis para la predicción de éstos (L_{eq} en dBA) en función de la densidad de tráfico (Q en veh./hora). Las expresiones para las dos zonas significativas (se han separado por ser sus características de tráfico muy distantes) dan como resultado:

$$\begin{aligned} L_{eq} &= 6.7 \log Q + 51.1 & r &= 0.76 & (\text{zona urbana}) \\ L_{eq} &= 8.3 \log Q + 48.2 & r &= 0.82 & (\text{zona industrial}) \end{aligned}$$

El ruido depende de muchos otros factores que no sea exclusivamente el tráfico. Al realizar un estudio de ajuste multivariable de los datos experimentales, obtenemos:

(*) Hemos considerado el nivel equivalente horario que mejor correlación proporciona para la predicción de índices globales.

$$L_{eq} = 51.6 + 6.5 \log Q - 1.8 \log D + 0.022 P + 0.056 M + 0.23 \text{PEND}$$

$$r = 0.77 \quad (\text{zona urbana})$$

$$L_{eq} = 45.5 + 7.3 \log Q + 0.05 P + 0.023 M + 0.037 \text{PEND} + 0.073 V$$

$$r = 0.84 \quad (\text{zona industrial})$$

donde D (m) es la anchura de la calle, P (%) el porcentaje de vehículos pesados y M (%) el de motocicletas, PEND (%) la pendiente media de la calle y V (km/h) la velocidad media de los vehículos. Hay que hacer notar que en este caso, son más convenientes las primeras ecuaciones por su sencillez y bonanza de resultados en comparación a las segundas expresiones que no es conveniente utilizar (el coeficiente de correlación mejora solamente un 2.4 %). Resulta interesante reseñar que estas ecuaciones son similares a las que otros autores han conseguido en otras ciudades (García, 1994).

4.4. Respuesta de los residentes

El estudio de la respuesta subjetiva de los habitantes de una ciudad supone la realización de una encuesta entre los afectados. Los resultados obtenidos en esta encuesta muestran una clara insatisfacción con los niveles de ruido existentes (más del 80 % de los encuestados). Otros aspectos poco satisfactorios son la disponibilidad de medios de transporte, la presencia de zonas verdes o la disponibilidad de servicios públicos. La fuente que mayor molestia produce es el tráfico rodado, especialmente las motocicletas (casi el 100 % de los encuestados así lo manifiestan), la recogida de basuras, los locales de ocio y la construcción. Los efectos que producen las diversas fuentes de ruido que más afectan son la irritación, la perturbación de la lectura y el trabajo, o cuando escuchan la radio o la televisión, perturbación del descanso y del sueño. Observamos, en general, una cierta apatía a manifestar quejas motivadas por el ruido ambiental. Pensamos, junto con otros autores, que esta actitud puede ser debida a la falta de confianza de los ciudadanos en conseguir soluciones a estos problemas.

4.5. Respuesta de la administración local

Las corporaciones municipales son las instituciones adecuadas para desarrollar y aplicar una política concreta de control de la contaminación sonora de nuestras ciudades, ya que ellas son las que se encuentran más próximas a los intereses y problemas diarios de los ciudadanos.

El Ayuntamiento de Banyeres en 1996 adquirió un sonómetro y adoptó unas Ordenanzas Municipales basadas en un modelo asesorado por nuestro laboratorio (F.M.V.P. y C.M.A.G.V., 1992). La realización de campañas de medidas (dirigidas principalmente a las motocicletas) son, entre otras, medidas habituales tomadas por el Ayuntamiento para combatir la contaminación

acústica en el municipio. Aunque las medidas de control de ruido no son exhaustivas, tampoco son nada despreciables, y manifiestan una cierta preocupación sobre el tema.

5. Conclusiones

En términos generales, los resultados de la presente investigación están de acuerdo con los obtenidos por diversos autores en diversos estudios realizados en otros lugares y contextos (García, 1994). Especialmente revelan que las ciudades pequeñas pueden alcanzar niveles sonoros muy elevados, comparables relativamente a ciudades de tamaño mayor.

Los problemas ambientales tienen actualmente implicaciones universales, pero sus soluciones son, inversamente, locales, puntuales, focales y caen inevitablemente, de una forma o de otra, en la órbita (al menos físicamente) de los municipios, sobre todo de los urbanos en el ámbito de los cuales se generan la mayoría de los problemas ambientales más importantes. De aquí la importancia de la estrategia de base municipal para la tutela del medio ambiente. Es por esto que es necesario disponer de información detallada de la situación sonora actual, analizarla y actuar, aplicando medidas alternativas que palién o eliminen el problema. Entre las medidas que proponemos:

- Creación de programas de concienciación ciudadana, tanto a nivel municipal como a nivel educativo.
- Realización de estudios de prospección general (más económicos que el llevado a cabo) para caracterizar acústicamente los lugares más castigados por el ruido y evaluar en detalle, en su caso, esta situación. Previsión de la posible evolución de los niveles sonoros ambientales. Realización de estudios de impacto acústico, etc.
- Mayor aplicación de las ordenanzas municipales de que se dispone, ya que representan un marco normativo suficiente (aunque modificable) contra el ruido y las vibraciones. En particular, crear una normativa específica que regule la emisión de los vehículos a motor.
- Adecuada planificación urbanística que tenga en cuenta los parámetros acústicos necesarios para un correcto uso del suelo.
- Potenciación del uso de medios de transporte menos contaminantes (tanto atmosféricos como acústicos): la bicicleta, los medios de transporte público (comarcal en este caso, ya que interurbanos no es viable), vehículos que se desplacen con energías no contaminantes, etc.
- Revisión periódica de los niveles de ruido emitidos por los vehículos a motor (Inspección Técnica de Vehículos), la maquinaria de construcción y las obras públicas. En especial se deberá revisar la emisión de ciclomotores y motocicletas.
- Utilización de barreras acústicas en zonas deprimidas por el ruido (Zonas Acústicamente Saturadas).
- Regulación del impacto sonoro producido por los servicios de limpieza nocturnos (por ejemplo, la recogida de residuos en horarios diurnos).

Referencias

- O.M.S.;** *Criterios de salud ambiental. El ruido*, Servicio de Publicaciones y Documentación, Organización Mundial de la Salud, México, 1983.
- García A.;** *La contaminació acústica*, Servei de Publicacions de la Universitat de València, València, 1988.
- Calvo-Manzano A. et al.;** *El ruido en la ciudad: Gestión y control*, Sociedad Española de Acústica, Madrid, 1991.
- García A.;** *Estudio del ruido ambiental en la Comunidad Valenciana*, C.M.A. de la Generalitat Valenciana, València, 1994.
- García A., Fajará M.;** "Estudio del ruido producido por el tráfico rodado en Valencia", *Revista de Acústica* (vol. 15, p. 32), 1984.
- Pons J., Santiago J.S., Mateos E., Perera P.;** "Acoustic map of Madrid", *Convegno Internazionale Il rumore urbano e il governo del territorio*, Modena, 1988.
- Alsina R.;** "Mappe de bruit du centre de la ville de Barcelona", *Convegno Internazionale Il rumore urbano e il governo del territorio*, Modena, 1988.
- García A., Garigues J.V., Bravo M.J.;** "Estudio del ruido ambiental en dos ciudades pequeñas de la Comunidad Valenciana", *Jornadas Nacionales de Acústica* (pp. 53-56), Pamplona, 1992.
- Alamar M. et al.;** "La exposición cotidiana al ruido ambiental: evaluación sonora en la ciudad de Alcoi (Alicante)", *Revista de Acústica* (vol. XXVIII, nos. 1 y 2), 1997.
- García A.;** "Medidas de niveles de contaminación acústica en diferentes zonas urbanas de España", *Revista de Acústica* (vol. XXVII, nos. 3 y 4), 1996.
- Recuero M.;** "Mapas de ruido. Determinación del error cometido en medidas de campo, para diferentes duraciones de las muestras", *Revista de Acústica* (vol. XXVIII, nos. 3 y 4), 1997.
- Namba S. et al.;** "Report of the Committee of the social survey on noise problems", *J. Acoust. Soc. Jpn.* (17, pp. 109-113), 1996.
- O.C.D.E.;** "Fighting noise", OECD Publications, Paris, 1986.
- Ajuntament de Banyeres de Mariola;** "Ordenança sobre prevenció de la contaminació acústica (protecció contra sorolls i vibracions)", *Ajuntament de Banyeres de Mariola, Banyeres de Mariola*, 1996.
- Llinares et al.;** *Acústica arquitectónica y urbanística*, U.P.V., València, 1996.
- García A., Segura J.;** "Estudio del ruido ambiental y sus efectos en la ciudad de Algemesí (València)", *Revista de Acústica*, 1999.
- García A.;** *La contaminación sonora en la Comunidad Valenciana*, Sèrie Minor, C.V.C. de la Generalitat Valenciana, València, 1995.
- Garrigues J.V., et al.;** "Análisis estadístico de los niveles de contaminación sonora medidos en diferentes zonas urbanas a lo largo de las 24 horas del día", *Revista de Acústica* (vol. XIX, nos. 1 y 2), 1997.
- F.V.M.P., C.M.A.G.V.;** "Modelo de ordenanza municipal sobre prevención de la contaminación acústica (protección contra ruidos y vibraciones)", *Federació Valenciana de Municipis i Províncies y Conselleria de Medi Ambient de la Generalitat Valenciana*, València, 1992.