

# EL AMBIENTE ACÚSTICO DE LOS HOSPITALES DE MADRID: METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO CON SIG

PEDRO MARTÍNEZ SUÁREZ\* y ANTONIO MORENO JIMÉNEZ\*\*

Recibido: 1-11-06. Aceptado: 15-01-07. BIBLID [0210-5462 (2006-2); 39: 125-146].

**PALABRAS CLAVE:** calidad ambiental, entorno acústico, equipamientos urbanos, centros hospitalarios, plano acústico, Madrid, SIG.

**KEY WORDS:** environmental quality, acoustic environment, urban facilities, medical centres, acoustic map, Madrid, GIS.

**MOTS-CLEFS:** qualité de l'environnement, environnement sonore, équipements urbains, hôpitaux, carte acoustique, Madrid, SIG.

## RESUMEN

La conveniencia de que ciertas actividades se desarrollen en un ambiente apropiado, particularmente en materia de ruido, se ha ido asentando racional y normativamente de manera inequívoca, debido a las repercusiones que tienen sobre el bienestar o salud humanas. La disponibilidad reciente de mejores datos sonoros sobre el ámbito urbano está abriendo la posibilidad de determinar las características acústicas de los entornos exteriores que envuelven a diversas instalaciones y equipamientos, y valorar luego su adecuación.

Esta investigación, a través de las herramientas que ofrecen los sistemas de información geográfica, avista analizar el ambiente sonoro urbano asociado a los centros hospitalarios de la ciudad de Madrid, cuya función les hace recaer en la categoría de «áreas acústicas de silencio (Tipo I)» según la ordenanza municipal de Madrid.

A tal fin se establece primero la noción de entorno acústico de un equipamiento y luego se formula y aplica, con el soporte de SIG y técnicas estadísticas, una metodología de análisis espacial adecuada para este tipo de instalaciones urbanas, con su propia valoración crítica. Se configura así una herramienta efectiva para el diagnóstico de situaciones ambientales urbanas y para suscitar ulteriores medidas de control sobre las fuentes o paliación de las inmisiones sonoras.

## ABSTRACT

The convenience of developing urban activities in the appropriate environment, particularly in noise terms, has being set rationally and regulated, in a clear way, due to its impact on human wellbeing and health. The recent availability of better acoustic data on urban space is

\* Dpto. de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid. pedro.suarez@uam.es

\*\* Dpto. de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid. antonio.moreno@uam.es

1. Este estudio forma parte de una investigación doctoral realizada por Pedro Martínez Suárez, bajo la dirección del Dr. Antonio Moreno Jiménez, financiada con una beca del Programa FPU del Ministerio de Educación y Ciencia de España.

enabling to determine the sonorous features of outdoor environment surrounding different facilities, and further to assess its adequacy.

This research, using GIS tools, faces to analyze the urban sonorous environment of the Madrid hospitals, an activity classified as «requiring silence areas (Type I)», according to the current municipal regulation.

To this aim, firstly the notion of acoustic environment of a facility is defined, and secondly a methodology, appropriate for analysing such urban facilities, is formulated and applied, using GIS and statistical techniques, and providing critical evaluation of it. As a result, it has been designed an effective procedure for assessing urban environmental situations and, additionally, for establishing noise source controls or alleviating inmissions.

## RÉSUMÉ

Le besoin de quelques activités d'avoir un environnement approprié concernant au bruit c'est admis aujourd'hui partout et aussi exigée par les régulations, par raison des effets sur la santé et le bien-être humain. Récemment, les données plus abondantes sur le bruit extérieur des villes sont permettant de mieux connaître et évaluer l'atmosphère sonore entourant les équipements.

Cette recherche, profitant des possibilités qu'offrent les SIG, analyse l'environnement sonore des hôpitaux à Madrid, lesquels appartiennent à la catégorie d'aires de silence, selon les arrêtés municipaux. À cet effet, en premier lieu, le concept d'environnement proche de l'équipement est établie et, après, on applique deux méthodes d'analyse spatiale appropriées pour ces installations, appuyés sur SIG et techniques statistiques, à la fin d'estimer le niveau sonore pendant le jour.

On apporte, donc, un outil effective pour le diagnostique de situations urbaines et pour envisager des mesures palliatives ou de control sur les sources du bruit.

## 1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El problema de la contaminación acústica es motivo de preocupación por las graves molestias que origina y por sus efectos sobre la salud (tanto fisiológicos como psicológicos), el descanso, el comportamiento y las actividades de las personas (estrés, insomnio, afecciones cardiovasculares, etc.), según indica el *Decreto 78/1999, de 27 de mayo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid*. Prueba de ello es que gran parte de las denuncias y quejas en materia ambiental planteadas ante las autoridades están relacionadas con este molesto problema. La relevancia de la incidencia que este agente contaminante tiene sobre la salud de las personas justifica su ubicación en el ámbito de la Salud Pública en el sentido más amplio de este concepto (PÉREZ MARTOS, J., 2003). Todos los posibles daños, tanto físicos como psicológicos, producidos por el ruido se traducen en unos costes o gastos sociales elevados, pues a los derivados de la atención médica hay que añadir otros, como la disminución del rendimiento del trabajo, los costes de bajas por enfermedades profesionales, etc. Por otra parte, la sanidad es uno de los sectores cuya dotación presupuestaria es más elevada, a la vez que controvertida, de modo que invertir en el bienestar y calidad de vida de los ciudadanos, de uno u otro modo, resulta siempre rentable social y económicamente.

No cabe ya duda alguna de que la contaminación acústica se ha ido configurando como uno de los problemas que hoy en día padece, sobre todo, la sociedad urbana (PÉREZ MARTOS, J., 2003), ante el que se debe tener en cuenta la multiexposición diaria al ruido de la que habla SANZ SA, J. M. (1987) con una visión de conjunto, a la hora de estudiar los daños o efectos nocivos, tanto sanitarios y sociales, como ambientales, de este agente contaminante.

Este estudio aborda el problema de dicha contaminación acústica en la ciudad de Madrid, diseñando una metodología que toma en consideración su afección potencial sobre determinados equipamientos urbanos que prestan servicio a la población, en particular los centros hospitalarios. El trabajo se centra en la determinación del entorno acústico de dichos equipamientos, con la finalidad de sustentar un posterior análisis y caracterización del mismo, así como valorar su adecuación a las actividades en ellos realizadas.

La gran urbe que conforma la capital de España posee una población que ya ha superado los 3 millones de habitantes (INE, 2005) la cual, por desgracia, no se ve exenta de afecciones sanitarias de múltiple índole. Como es bien sabido, la salud es uno de los puntos claves no sólo para las políticas municipales y autonómicas. Los centros hospitalarios, por las actividades que en ellos tienen lugar, son un tipo de equipamiento urbano especialmente vulnerable al ruido. Dan servicio cotidianamente a una considerable cifra de población y, además, prestan atención a casi todos los ciudadanos en algún momento de su vida. De forma más acotada, este estudio concierne sobre todo a los pacientes que requieren hospitalización, a los enfermos afectos de procesos precisando consultas o tratamientos ambulatorios en hospitales, visitantes y acompañantes de pacientes y personal empleado en los mismos, por cuanto están inmersos en dicha atmósfera sonora por un período más o menos largo.

A la luz de lo expuesto parece relevante preguntarse cómo caracterizar el nivel de ruido existente en el entorno de determinados equipamientos que prestan servicio a la población, tales como los centros hospitalarios, de cara a posibilitar un diagnóstico y valoración de ese componente de la calidad ambiental exterior (no en el interior de las instalaciones).

## 2. OBJETIVOS

Como continuación de estudios previos (MARTÍNEZ SUÁREZ, P. y MORENO JIMÉNEZ, A., 2005 y MORENO JIMÉNEZ, A. y MARTÍNEZ SUÁREZ, P., 2005) sobre el patrón espacio-temporal correspondiente a la realidad del ruido ambiental exterior en la ciudad de Madrid, y en línea con las indicaciones de la *Ley del Ruido* y las iniciativas del Ayuntamiento de Madrid, este trabajo trata del ruido ambiental exterior en unos subconjuntos del espacio urbano.

No hay duda de que los centros hospitalarios, por las actividades que en ellos tienen lugar, son un tipo de equipamiento urbano especialmente vulnerable al ruido, en virtud de lo cual lo primero que cabe preguntarse es ¿cuál es el entorno acústico de los hospitales madrileños?, es decir, ¿qué niveles sonoros se soportan en las inmediaciones

de cada centro? A partir de ahí cabría indagar si tales niveles sonoros son adecuados a las actividades y usos que allí se dan, especialmente en cuanto a su eventual afección a la eficacia de los tratamientos de los pacientes internos, a su capacidad de mejora y descanso, así como a la salud de los especialistas y demás trabajadores del centro, etc. Esta última cuestión, por las limitaciones presentes de espacio, se abordará en ulteriores trabajos. De manera más específica los objetivos avistados aquí serían:

- A) Abordar la determinación y caracterización del entorno acústico de determinados equipamientos urbanos que prestan servicio a la población madrileña, en particular de los centros hospitalarios del municipio de Madrid que, por la población que alberga, se convierte en referencia para otros municipios.
- B) Proponer, ensayar y discutir una metodología válida para conocer los atributos del ambiente sonoro que rodea a los hospitales y la variación temporal del ruido, valorando las ventajas e inconvenientes de la misma. Por extensión, dicha metodología se vislumbra que pueda ser apta para otros tipos de equipamientos urbanos.
- C) Valorar críticamente las diferentes fuentes de información empleadas: Catálogo de Hospitales de la Comunidad de Madrid y Plano Acústico de Madrid de 2002.
- D) En fin, realizar una contribución preliminar, basada en los datos sonoros del plano acústico de la capital y en el empleo de las herramientas de los SIG, avistando hacia la identificación y posterior evaluación de la incidencia potencial que tiene el ruido ambiental sobre la población del municipio de Madrid. Con ello se intenta fomentar el empleo de los planos acústicos como una herramienta de análisis y gestión municipal y para la mejora de la calidad de vida y salud de las personas.

### 3. MARCO CONCEPTUAL

#### 3.1. *Centros hospitalarios*

En primer lugar, el equipamiento urbano considerado va a corresponder a un tipo de centros sanitarios<sup>2</sup> en los que las personas asistidas o pacientes precisen de una estancia más o menos prolongada en el tiempo, a lo largo de la cual pueden convertirse en potenciales sujetos perceptores de ruido, con la consiguiente posible molestia e influencia sobre el tratamiento y/o recuperación que estén llevando a cabo. Respecto a esta situación de permanencia, la normativa autonómica, con competencias en materia

2. El Real Decreto 1277/2003, de 10 de octubre, por el que se establecen las bases generales sobre autorización de centros, servicios y establecimientos sanitarios, en su art. 2.1.a) define centro sanitario como «conjunto organizado de medios técnicos e instalaciones en el que profesionales capacitados, por su titulación oficial o habilitación profesional, realizan básicamente actividades sanitarias con el fin de mejorar la salud de las personas».

de sanidad, en la *Orden de 11 de febrero de 1986, de la Consejería de Salud y Bienestar Social de la Comunidad de Madrid, sobre centros, servicios y establecimientos sanitarios*, define un centro asistencial con internamiento como «centro asistencial de carácter sanitario que tenga por finalidad primordial la prestación en el mismo de cualquier tipo de asistencia con internamiento de personas por períodos superiores a veinticuatro horas en el establecimiento».

Según la citada norma, este es el caso de los hospitales y hospitales generales, clínicas médico-quirúrgicas y hospitales de cuidados mínimos de media y larga estancia, a diferencia de los centros asistenciales sin internamiento, léanse centros de salud (centros de atención primaria y centros ambulatorios especializados), consultorios, hospitales de día, locales de asistencia médica en instalaciones de espectáculos públicos, unidades de cirugía ambulatoria, centros de interrupción voluntaria del embarazo, etc.

El ordenamiento legal<sup>3</sup> indica que los centros sanitarios de mayor entidad que cumplen el anterior criterio de internamiento son los hospitales. Por otra parte, ante la variada casuística observada al revisar la normativa, en lo que a su nomenclatura se refiere (centros de asistencia hospitalaria, centros sanitarios hospitalarios, centros sanitarios asistenciales hospitalarios, etc.), se ha decidido adoptar la terminología de centro hospitalario u hospital al referirse al equipamiento urbano aquí estudiado, por lo que estos serán los términos empleados.

### 3.2. Entorno acústico

Se podría describir *entorno* como una porción del espacio, en relación con una referencia espacial respecto de la cual se considera, es decir, a la que rodea (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA, 2001). Por ejemplo, el entorno visual de un punto o lugar determinado se refiere al espacio que se puede divisar desde dicho punto. Si bien la vista es el sentido humano más desarrollado, no es el único que aporta información del medio, de modo que también es posible hablar de entorno sonoro, olfativo, etc., entroncando con teorías como las de la percepción paisajística. Por otra parte, los términos *acústico* o *sonoro* hacen referencia a la existencia de sonido en el ambiente. Por tanto, el entorno acústico de un equipamiento urbano está haciendo referencia al ámbito sonoro que rodea a dicho equipamiento o, mejor dicho, al ambiente sonoro en el que se ubica, caracterizado por unos niveles sonoros con una distribución determinada en el tiempo y en el espacio, significativos para el punto o lugar de referencia (cada hospital) y las actividades que en él se dan.

Hay que añadir que la presencia de sonido o inmisión sonora en el entorno es, además de un fenómeno físico, un fenómeno perceptivo, desde el momento en que los individuos asociados a ese entorno lo sienten, pudiendo convertirse en una molestia para su bienestar o un problema para su salud.

3. Decreto 110/1997, de 11 de septiembre, de la Consejería de Sanidad y Servicios Sociales de la Comunidad de Madrid, sobre autorizaciones de los centros, servicios y establecimientos sanitarios, art. 2.1.

#### 4. DETERMINACIÓN DEL ENTORNO ACÚSTICO DE LOS CENTROS HOSPITALARIOS: PROPUESTAS METODOLÓGICAS

A continuación se describen y discuten las cuestiones metodológicas planteadas y la lógica procedimental para el diagnóstico del entorno acústico de los centros hospitalarios, eventualmente adaptables también a otros equipamientos urbanos. Se plantearán las diferentes posibilidades técnicas y se realizará una valoración crítica de sus fortalezas y debilidades o limitaciones. Fundamentalmente se ha empleado la tecnología SIG como instrumento para gestionar y analizar la información a través de un modelo de datos vectorial, con ArcGIS 9.1. La información cartográfica digital con la que se ha trabajado ha sido adecuadamente proyectada y georreferenciada.

##### 4.1. *Antecedentes*

El enorme potencial que ofrecen los planos acústicos como herramienta para la caracterización y gestión del problema del ruido urbano no ha sido aún aprovechado del todo, tanto por el esfuerzo temporal que requiere su elaboración, como por la juventud de la normativa que obliga a ello, si bien hay que decir que la Administración madrileña se situó en una posición puntera desde los orígenes de este tipo de representaciones de la información acústica en España, antes de la existencia de la *Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental* y de que la *Ley 37/2003, del Ruido*, otorgase competencias a los ayuntamientos para la elaboración de los mapas de ruido que no excedan de su término municipal (art. 4.4.b). Es ahora cuando la Administración Municipal está empezando a dedicar mayores esfuerzos a la actualización del Plano Acústico y la utilización de los medios técnicos adecuados para ello, que pasan indudablemente por el empleo de las tecnologías de la información geográfica. Por otra parte, la *Ley 14/1986, General de Sanidad*, atribuye a los municipios la responsabilidad del control sanitario de los ruidos (art. 42.3.b).

Actualmente y, siguiendo las indicaciones de la *Ley del Ruido*, el Ayuntamiento de Madrid se halla inmerso en el proceso de delimitación de las áreas acústicas urbanas según los objetivos de calidad acústica considerados en cada una de ellas. Aunque apoyado en el Plano Acústico, este proceso de demarcación es aún genérico, por lo que no ha entrado en el análisis de tipologías concretas como sería el caso de los equipamientos correspondientes a áreas acústicas de uso sanitario, materia en la que este estudio pretende hacer su aportación.

##### 4.2. *Definición del modelo de datos y fuentes*

Cómo venga dada y se estructure la geoinformación influye sobremanera a la hora de decidir, planificar y diseñar los procedimientos metodológicos y analíticos a seguir. En este caso la información fundamental se corresponde con la relativa a los centros hospitalarios por un lado y la acústica por otro.

En España, todos los centros sanitarios autorizados por las comunidades autónomas se encuentran registrados en el Registro general de centros, servicios y establecimientos sanitarios<sup>4</sup> (gestionado bajo la responsabilidad del Ministerio de Sanidad y Consumo), de carácter público e informativo y en el que existe diversa información actualizada relativa a cada uno de ellos. Periódicamente se publica un Catálogo de centros, servicios y establecimientos sanitarios<sup>5</sup> en funcionamiento que han recibido autorización por parte de las Administraciones sanitarias. En el caso de la Consejería de Sanidad y Consumo de la Comunidad de Madrid, se publica el Catálogo de Hospitales de la Comunidad de Madrid (que incluye los hospitales civiles públicos o privados en funcionamiento a 31 de diciembre de cada año). Éste recoge información diversa sobre cada centro, tal como un código de centro o número de registro<sup>6</sup> (por ej.: «CH0034»), nombre y tipo de centro, dirección y código postal, zona sanitaria, dependencia patrimonial y funcional, finalidad asistencial, número de camas, etc.

El Catálogo de Hospitales constituye una herramienta de indudable valor e interés para la realización de este estudio, por lo que se obtuvo dicha información (correspondiente a la fecha 31 de diciembre de 2003<sup>7,8</sup>) del gobierno regional, como un fichero digital de tipo Microsoft Excel en el que están recogidos 55 centros hospitalarios en el municipio de Madrid, tanto públicos como privados. En él se incluye la ubicación espacial de cada centro, por medio de las respectivas coordenadas UTM (X, Y). Tras un pre-proceso, se exportó a formato «DBF», de manera que se pudiera consultar y tratar en un entorno SIG y poder construir un archivo cartográfico de tipo vectorial con extensión «.shp» (shapefile) en el que se pudiesen visualizar a modo de puntos los diferentes centros hospitalarios, georreferenciados en el espacio y con toda su información asociada en su tabla de atributos.

Por otra parte, los datos sonoros con los que se ha contado corresponden a los del último Plano Acústico de Madrid<sup>9</sup>, concluido en 2002, cuya realización encargó el Ayuntamiento de Madrid al Instituto de Acústica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Con todo ello, la configuración y lógica geométrica que se plantean respecto a la representación digital de la información son como sigue.

4. Ver Real Decreto 1277/2003, de 10 de octubre, por el que se establecen las bases generales sobre autorización de centros, servicios y establecimientos sanitarios.

5. Ver art. 5.5. de la citada norma, y la Orden 250/1994, de 16 de marzo, de la Consejería de Salud de la Comunidad de Madrid, por la que se regula la finalidad, organización y funcionamiento del Registro de Centros, Servicios y Establecimientos Sanitarios, modificada en determinados artículos por la Orden 621/2002, de 8 de agosto, de la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid.

6. Éste se construye según se indica en el art. 3 de la citada Orden 250/1994.

7. La más actualizada posible en el momento de efectuar la petición, y próxima a la fecha a la que corresponden los datos de niveles sonoros con los que el Ayuntamiento de Madrid realizó el último Plano Acústico, los cuales constituyen una de las fuentes de información fundamentales en este estudio.

8. Los autores desean agradecer a la Consejería de Sanidad y Consumo de la Comunidad de Madrid por los datos hospitalarios facilitados, usados para la realización de este estudio.

9. Los autores desean agradecer al Ayto. de Madrid por los datos acústicos facilitados, usados para la realización de este estudio.

#### 4.2.a. Los centros hospitalarios como puntos

A partir de la información de localización espacial de equipamientos urbanos, en este caso centros hospitalarios, basada en coordenadas UTM (X, Y), que es la proporcionada por la Consejería de Sanidad y Consumo, se puede obtener una transcripción espacial de los mismos en forma de puntos. Parece razonable pensar que una representación puntual de la información puede facilitar las tareas de gestión por parte de la Administración sanitaria correspondiente, sobre todo con vistas a su registro. Sin embargo, ello lleva implícitas una serie de limitaciones, pues supone una simplificación de la información real (parcela poligonal que realmente ocupa el centro sanitario sobre el parcelario urbano) y, por otra parte, asumir que las coordenadas que lo ubican espacialmente son las correctas, siendo de presuponer que la manera más aproximada de ubicar el punto va a ser en lo que sería el centro geométrico del polígono al que realmente representa. Tras realizar las comprobaciones oportunas y superponer la capa de puntos (hospitales) que fue suministrada con una de polígonos del parcelario urbano de Madrid, se observó que los primeros no se correspondían con tales centros geométricos, sufriendo ciertos desplazamientos, en algunos casos ciertamente significativos (por ejemplo, frecuentemente los puntos están ubicados próximos a la entrada principal del hospital). Se ha asumido la representatividad provisional de tal ubicación de los puntos por parte de la Administración, con objeto de someterla a examen crítico en este trabajo.

#### 4.2.b. Los centros hospitalarios como polígonos (parcelas)

La otra opción es que este tipo de equipamiento urbano venga representado no como una entidad puntual, sino poligonal, que se corresponda con la parcela que ocupe sobre el terreno. Como ya se ha mencionado, no ha sido posible obtener esta información de la mano de las instituciones públicas, aunque sí se ha dispuesto de un archivo con el parcelario según la cartografía catastral digitalizada urbana del municipio de Madrid de 2003, de la Gerencia Regional del Catastro de Madrid (proporcionado por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid). Esta alternativa requiere identificar en dicho parcelario el polígono correspondiente al centro hospitalario (véanse las figuras 1 y 2 como ejemplo), con la ayuda de imágenes de satélite y cartografía digital visualizadas a través de Internet (en portales como el del *Visor Geográfico GeoMadrid* de Tres Cantos, SA, *NOMECALLES-Nomenclátor Oficial* y *Callejero* de la Comunidad de Madrid, *Google Maps España*, *PaginasAmarillas.es* de TCI, SA, etc.), las páginas web de los propios hospitales, la visualización de fotografías digitales de las fachadas de los edificios en cuestión (a través del servicio de «Callejero fotográfico» de *QDQ Media, SAU* en Internet) y algunas visitas de campo de comprobación.

Se trata de la representación más fiel del espacio urbano que realmente ocupa el equipamiento aunque, como es fácilmente imaginable, esta opción resulta ardua y requiere de mucho tiempo de elaboración.

Por lo que se refiere a la información acústica, se plantean las posibilidades que se exponen seguidamente.

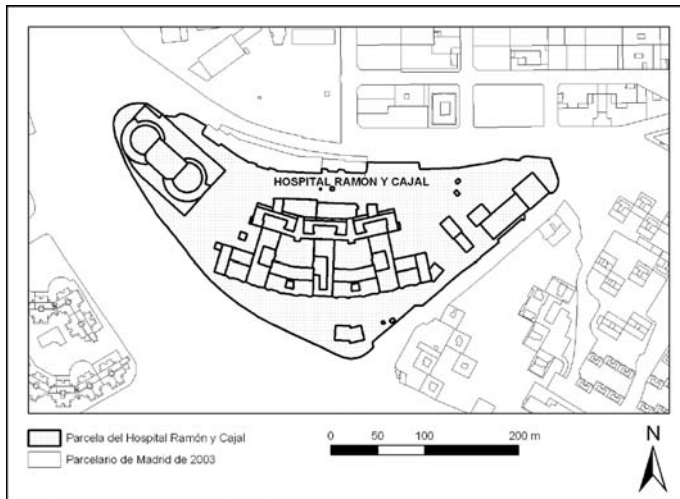


Figura 1. Imagen de satélite del hospital Ramón y Cajal



FUENTE: Google Maps España, 2006.

Figura 2. Identificación de la parcela del hospital Ramón y Cajal en el parcelario urbano de Madrid, a partir de la imagen de satélite de la figura 1

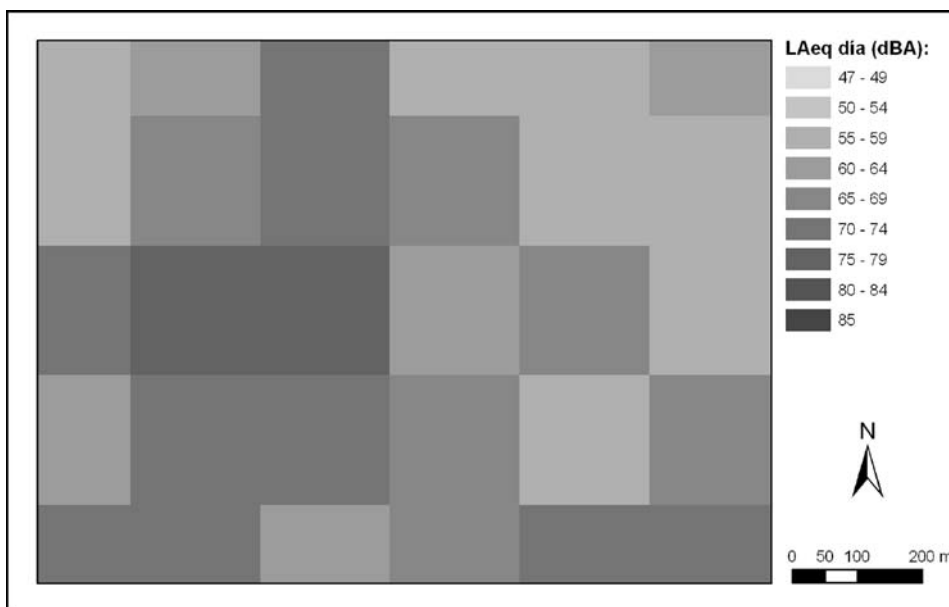


FUENTE: Elaboración propia con datos de la cartografía catastral digitalizada urbana del municipio de Madrid de 2003.

#### 4.2.c. La información sonora como cuadrículas (polígonos)

De forma breve cabe señalar que el Plano Acústico de Madrid de 2002 se configura como una malla ortogonal regular que cubre la mayor parte del área urbanizada del municipio, en la que cada cuadrícula mide 200 metros de lado, a excepción de un grupo de cuadrículas sobre el distrito de Centro, que son de 100 metros de lado. Cada cuadrícula de la malla tiene asociados unos niveles sonoros según los diferentes periodos temporales considerados en virtud de la normativa vigente en el momento de su realización: 24 horas, diurno (desde las 7 a las 23 horas), nocturno (desde las 23 a las 7 horas)<sup>10</sup>, etc. Dicha información sonora se asume representativa para el área cubierta por cada cuadrícula (ver figura 3). El indicador sonoro adoptado para caracterizar el

Figura 3. *Detalle de la representación poligonal de los niveles acústicos de Madrid para el periodo diurno*



FUENTE: elaboración propia con datos del Plano Acústico de Madrid de 2002.

10. La *Ordenanza General de Protección del Medio Ambiente Urbano – Libro II: Protección de la Atmósfera frente a la Contaminación por Formas de Energía*, del Ayto. de Madrid, vigente en el momento de la realización del Plano Acústico de Madrid de 2002, fue sustituida por la actual *Ordenanza Municipal de Protección de la Atmósfera contra la Contaminación por Formas de Energía*, aprobada por el Pleno del Ayuntamiento de Madrid el 31 de mayo de 2004. Como consecuencia, el periodo temporal diurno de medición de los niveles sonoros ambientales siguió siendo el comprendido entre las 7 y las 23 horas, mientras que el periodo nocturno pasó a ser el comprendido entre las 0 y las 6 horas, estableciéndose además dos periodos intermedios de 6 a 7 horas y de 23 a 0 horas.

ambiente acústico es el  $L_{Aeq}$ , nivel sonoro continuo equivalente con una ponderación del tipo A, correspondiente a un determinado periodo de medición (24 horas, diurno, nocturno...), y expresado en decibelios (dBA).

Este tipo de representación aporta una cierta facilidad de interpretación visual, tanto de la distribución de la información acústica en sí, como al relacionar ésta con cualquier tipo de equipamiento urbano que se superponga. Sin embargo, es preciso añadir que el diseño del Plano Acústico, en lo que a la estructuración cuadrículada de la información sonora se refiere, supone un encorsetamiento o limitación a la capacidad del análisis avistado en este estudio.

Resulta importante precisar también que los datos de niveles sonoros contenidos en el Plano Acústico de Madrid de 2002 son enteros, provenientes de un redondeo, a pesar de que inicialmente se registrasen con varios decimales, proporcionados por las mediciones del sonómetro y/o del postproceso de los datos capturados durante la campaña de toma en campo. Lo deseable habría sido mantener al menos un decimal, consiguiendo con ello una precisión adecuada para la realización de análisis y estudios de este corte. Por tanto, este proceso de generalización de la información sonora supone un cierto grado de inexactitud aquí no enmendable.

#### 4.2.d. La información sonora como puntos (centroides)

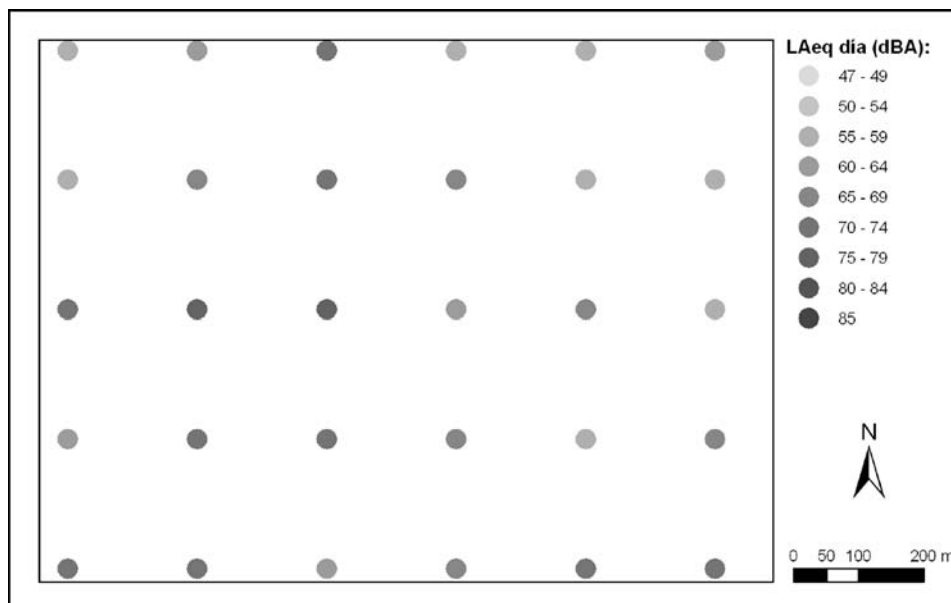
Para el diseño y ejecución del Plano Acústico de Madrid se realizó una campaña de muestreo con un punto de medición por cuadrícula, localizándose éste en la medida de lo posible sobre el viario urbano, de manera que los valores de niveles sonoros allí registrados se asignaron al conjunto de toda la cuadrícula en la que se ubicaba, por generalización. No se dispone de la localización exacta de tales puntos muestrales, de hecho. En virtud de ello, una manera de representar la información sonora puede ser mediante puntos que, a falta de los muestrales, pueden considerarse los centroides de cada cuadrícula, como alternativa más adecuada. Evidentemente, cada punto llevaría asociados los niveles sonoros asignados a la cuadrícula de la que es centroide. Si la longitud del lado de cada cuadrícula del Plano Acústico es de 200 metros, por lógica, la separación entre centroides será igualmente de 200 metros, excepto en el ya mencionado caso del distrito de Centro, que será de 100 metros.

Procedimentalmente, los SIG ofrecen herramientas que permiten, a partir de un archivo cartográfico de polígonos (como es el correspondiente al Plano Acústico), construir fácilmente otro de puntos que sean los centroides de los anteriores, manteniendo la información, en este caso de niveles sonoros, asociada en su tabla de atributos. El resultado es el de la figura 4.

Frente a la opción anterior, hay que decir que, aunque en este caso se pierde capacidad de interpretación visual, el cambio en la tipología de elementos de representación resulta más conveniente para cierto tipo de tratamiento posterior de la información, mediante SIG.

El anteriormente comentado encorsetamiento que supone la información del Plano Acústico, la falta de conocimiento de la localización exacta de los puntos muestrales a partir de los cuales se elaboró, y la desafortunada generalización de los datos sonoros a

Figura 4. *Detalle de la representación puntual de los niveles acústicos de Madrid para el periodo diurno, correspondiente a la misma zona que la figura 3*



FUENTE: elaboración propia con datos del Plano Acústico de Madrid de 2002.

través del redondeo, no menoscaban el valor que el Plano posee, sino que se considera una meritoria fuente de información sin la que este estudio no habría podido llevarse a cabo.

#### 4.3. *Metodologías para la determinación del entorno acústico e imputación de indicadores del Plano Acústico a los equipamientos*

Plantearse examinar el entorno acústico de los centros hospitalarios supone determinar una porción del espacio que rodea a cada hospital, considerada como su entorno significativo, de cara a la caracterización acústica del mismo.

Esto tiene cierta similitud con el planteamiento normativo, el cual hace una consideración acústica de las zonas urbanas según su uso, indicando que las zonas de uso sanitario corresponden a áreas acústicas<sup>11</sup> Tipo I: Áreas de silencio<sup>12</sup>, a las que

11. También denominadas «áreas de sensibilidad acústica» en el Decreto 78/1999, de 27 de mayo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid.

12. Véanse Ordenanza Municipal de Protección de la Atmósfera contra la Contaminación por Formas de Energía, aprobada por el Pleno del Ayuntamiento de Madrid el 31 de mayo de 2004 (art. 9.3.), el citado Decreto 78/1999 (art. 10.1.a.), y la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (art. 7 e).

dota de mayor protección contra el ruido, en la medida en que los límites sonoros legales permitidos en ella son los más restrictivos.

Precisando el término «área acústica», según la *Ley 37/2003, del Ruido*, éste hace referencia a un ámbito territorial delimitado por la Administración, que presenta el mismo objetivo de calidad acústica<sup>13</sup>. Y por «calidad acústica» se entiende el grado de adecuación de las características acústicas de un espacio a las actividades que se realizan en el mismo, es decir, vendría a ser la adecuación o apropiación de un sonido a un contexto, tarea o situación específica, dando por hecho que la calidad sonora no es una propiedad inherente al sonido, sino resultado, también, de los juicios emitidos por los sujetos que lo valoran (GARCÍA SANZ, B. y JAVIER GARRIDO, F., 2003). No hay duda de que los entornos acústicos que serán considerados en este estudio tienen cierta similitud, en cuanto a criterios, con las recién citadas áreas acústicas (definidas según la tolerancia de los distintos usos del suelo urbano).

La complejidad del concepto de entorno acústico reside en la dificultad para fijar sus límites, es decir, en aplicar un criterio para decidir a partir de qué lugares los niveles sonoros dejan de ser significativos de cara a la caracterización del entorno en el que se ubica un equipamiento donde se realizan determinadas actividades. En la mayoría de las ocasiones seguramente será posible observar una gradación, y las fronteras serán difusas.

Sin dejar de tener en cuenta esta limitación, la consideración del entorno acústico de este tipo de equipamientos ha estado condicionada fundamentalmente por dos factores: el detalle espacial del estudio y, sobre todo, la estructuración de la información sonora disponible.

Ya se ha comentado que los procedimientos adoptados en este estudio pasan por el empleo mayoritario de la información de centros hospitalarios a modo de puntos. Así, las posibilidades acerca de cómo determinar el entorno acústico de cada hospital, o lo que es lo mismo, asignar a cada hospital el nivel sonoro de su entorno, con sus ventajas e inconvenientes, serían como sigue.

#### 4.3.1. Método 1: dato sonoro más próximo al hospital

Consiste en asignar a cada centro hospitalario el dato sonoro más próximo disponible, que no es otro que el correspondiente a la cuadrícula del Plano Acústico en la que se ubica espacialmente, asumiendo que va a ser el que mejor caracterice su entorno acústico, es decir, el que represente con mayor fidelidad el nivel sonoro del entorno próximo. Por tanto, en este método se va a partir de una representación de los centros hospitalarios de tipo puntual, mientras que en el caso de los niveles sonoros del Plano Acústico de Madrid es de tipo poligonal.

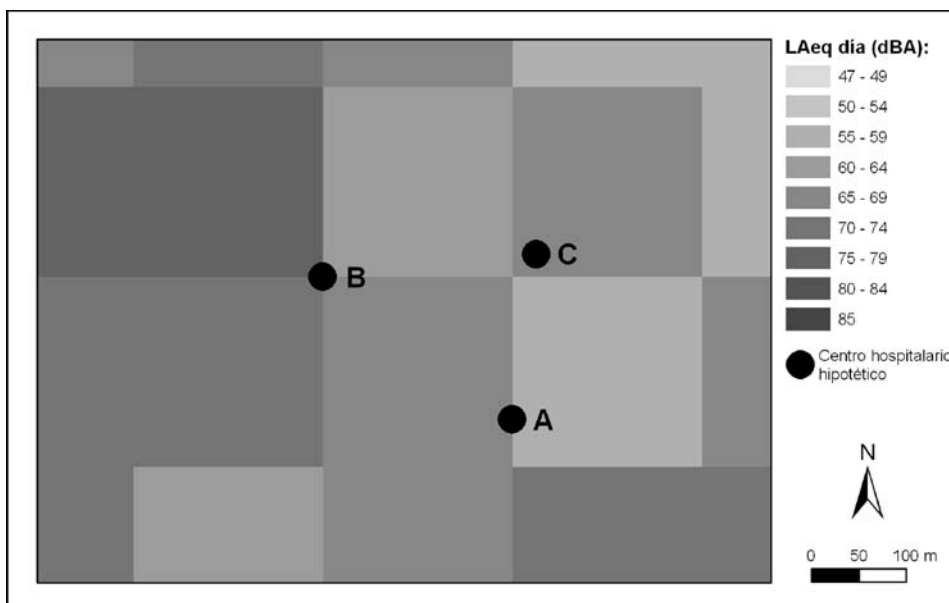
13. Véase también el *Decreto 78/1999, de 27 de mayo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid*, Anexo I Definiciones, Área de sensibilidad acústica.

Procedimentalmente, para asignar a cada hospital el nivel sonoro de su entorno asociándolo a la cuadrícula sonora dentro de la que se ubica, las herramientas SIG permiten efectuar una unión espacial de ambas capas de información, tras la que se obtiene un archivo cartográfico de tipo puntual de hospitales, cuya tabla de atributos asociada contiene no sólo la información hospitalaria, sino que le ha resultado añadida la correspondiente a la acústica. Es decir, a cada registro (hospital) se le ha asignado la información sonora de su cuadrícula continente y es posible consultar qué niveles sonoros soporta durante el periodo diurno, nocturno, etc. Si dos o más puntos de hospitales se ubican dentro de una misma cuadrícula, a ambos se les asignarán los niveles sonoros de ésta.

Como ilustra la figura 5, las únicas situaciones extremas podrían darse en los hipotéticos casos en los que un hospital se localizara exactamente en un borde de separación entre dos cuadrículas (caso «A») o bien en un vértice en el que confluyen cuatro cuadrículas (caso «B»), situaciones poco probables (su inexistencia fue comprobada).

La ventaja de este método estriba en su simplicidad, pues usa sólo un dato sonoro, el más próximo. Sin embargo, un hospital real no es un punto, sino toda una parcela (por ejemplo, una manzana entera) sobre la que puede influir el ruido en todo su perímetro, si bien ello viene condicionado, como ya se ha comentado, por la disponibilidad de la información. Por otra parte, al considerar solamente la cuadrícula

Figura 5. Casuística de localización de hospitales en las cuadrículas del plano acústico



FUENTE: Elaboración propia con datos del Plano Acústico de Madrid de 2002.

en la que se ubica el centro hospitalario y discriminar el resto de cuadrículas cercanas, este método supone quedarse quizás con sólo una parte de toda la información que podría ser capaz de aportar el Plano Acústico en las inmediaciones, por lo que resulta un procedimiento un tanto limitado. Así, si el hospital se encuentra próximo a una de las esquinas (ver figura 5, caso «C»), y sin conocer la localización de los puntos muestrales escogidos para la realización del Plano Acústico, no se sabe en qué grado la información sonora que se está asignando al hospital es la que mejor le correspondería. También supone asumir el riesgo de que se estén imputando al hospital los valores sonoros correspondientes a una cuadrícula que, por cualquier motivo, pudiera resultar ser un caso de anomalía. Desgraciadamente, estas limitaciones son inherentes al propio Plano Acústico como fuente.

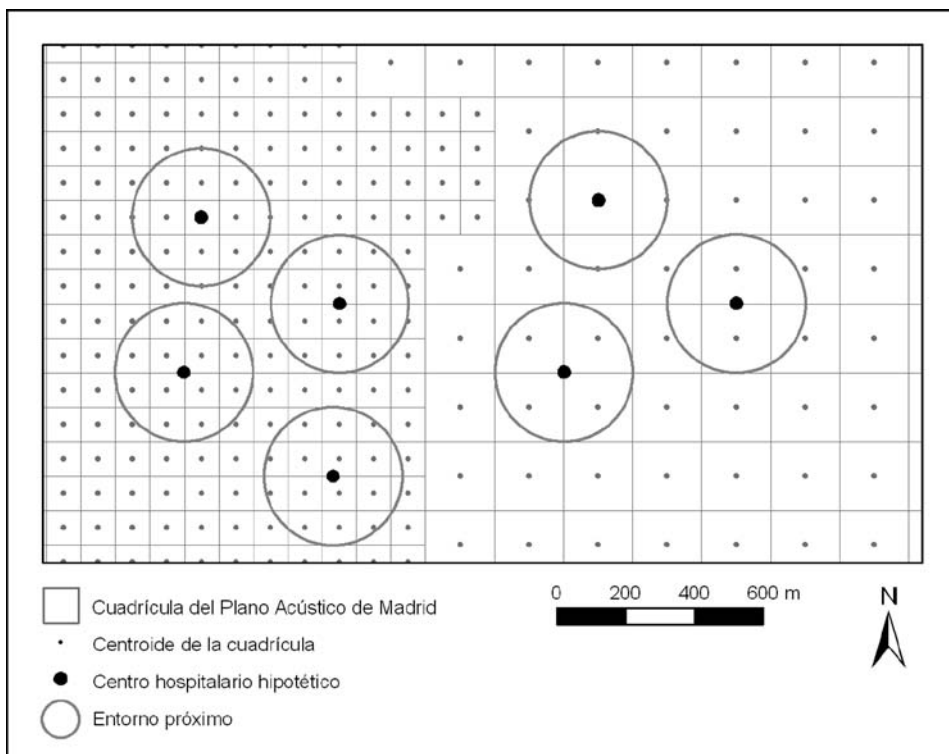
#### 4.3.2. Método 2: datos sonoros dentro de un entorno próximo al hospital

En este caso, la representación tanto para el caso de los centros hospitalarios como de los niveles sonoros (centroides) del Plano Acústico de Madrid es de tipo puntual; ello implica que en las proximidades de cada hospital va a haber una serie de puntos con datos sonoros, más o menos cercanos. Así pues, este método consiste en asignar a cada centro hospitalario los datos sonoros más próximos disponibles, considerándose que, debido precisamente a su proximidad, van a ser los que caractericen más fielmente el entorno acústico del hospital. Por tanto, este método requiere tener en cuenta los centroides más próximos, es decir, incluidos dentro del entorno cercano al centro hospitalario. A tal fin, operativamente se estableció un círculo alrededor del hospital que englobase a los centroides. Se consideró apropiado para ello un radio de 200 metros, siendo su superficie por tanto de 12,57 ha.

La casuística de situaciones que se pueden presentar, dada la estructura de la malla del Plano Acústico (con una distancia de separación inter-centroides máxima de 200 metros), es la que se esquematiza geoméricamente en la figura 6. Ello implica que va a haber siempre centroides a una distancia menor o igual a 200 metros de cada hospital y que el número de éstos considerados en el entorno próximo va a oscilar entre 2 y 5 (si el hospital se ubica exclusivamente sobre cuadrículas de 200 metros de lado) o entre 12 y 14 (si el hospital se ubica exclusivamente sobre cuadrículas de 100 metros de lado, en la zona del distrito de Centro).

Técnicamente, para asignar a cada hospital (puntos) el nivel sonoro de su entorno, calculable a partir de los centroides próximos de las cuadrículas del Plano Acústico (i.e. a una distancia menor o igual a 200 metros de cada centro hospitalario), el primer paso es construir en el SIG una nueva capa con los entornos próximos, a modo de *buffers* de 200 metros de radio alrededor de cada hospital, los cuales deben heredar la tabla de atributos de los centros hospitalarios (nombre, dirección, coordenadas...). A continuación, se debe realizar la unión espacial de la capa de centroides del Plano Acústico con la recién creada capa de entornos próximos (unión de puntos a polígonos), especificando en las opciones disponibles que simultáneamente calcule varios estadísticos a partir de los centroides que queden dentro de cada área próxima: máxi-

Figura 6. Casuística de situaciones de asignación de puntos con dato sonoro al entorno próximo del centro hospitalario, según los diferentes tamaños de cuadrículas del plano acústico de Madrid de 2002



FUENTE: Elaboración propia.

mo, mínimo y media, que ayudarán a un posterior análisis de la misma. Así, una manera conveniente para caracterizar cada entorno acústico podría ser a través de dicha media y de estadísticos como la amplitud total (máximo-mínimo), que pueden aportar información acerca de la variabilidad sonora existente.

A nuestro juicio este método resulta mucho más recomendable que el anterior, al estar considerando no solamente un dato sonoro, sino un conjunto de ellos, los más próximos, pertenecientes a toda el área cercana. Así, se dota de mayor rigor a la hora de caracterizar el entorno acústico de cada hospital, obteniendo un mayor aprovechamiento de la información que aporta el Plano Acústico de Madrid y minimizando el riesgo que supone asociar el centro hospitalario a un único dato sonoro. En definitiva, es un método más completo, al incorporar una visión más amplia del entorno de cada hospital. Sin embargo, al igual que sucede en el método anterior, un hospital real no es un punto, sino toda una parcela, por lo que se estaría presentando esta misma limita-



ción, ligada a la propia procedencia de la información suministrada, como ya se ha comentado anteriormente.

## 5. CARACTERIZACIÓN DE LOS ENTORNOS ACÚSTICOS DE LOS HOSPITALES MADRILEÑOS

La distribución espacial de los centros hospitalarios en el municipio de Madrid es desigual, favoreciendo a la mitad norte, en detrimento de los distritos de la mitad sur. Realmente, existe una densa aglomeración en el interior, densificándose en la denominada *almendra central* de Madrid, es decir, en los distritos centrales, cuyo conjunto presenta esa forma (sobre todo en Salamanca, Chamartín, Chamberí y Retiro), y alrededores próximos (zona este de Moncloa-Aravaca, sudeste de Fuencarral-El Pardo y norte de Ciudad Lineal, pareciendo responder más a criterios socio-económicos (según niveles de renta) que demográficos (n.º de habitantes).

Procede advertir que del total de 55 centros incluidos en el Catálogo de Hospitales en el municipio de Madrid, 4 carecen de información sonora asociada al quedar fuera de la cuadrícula del Plano Acústico de Madrid.

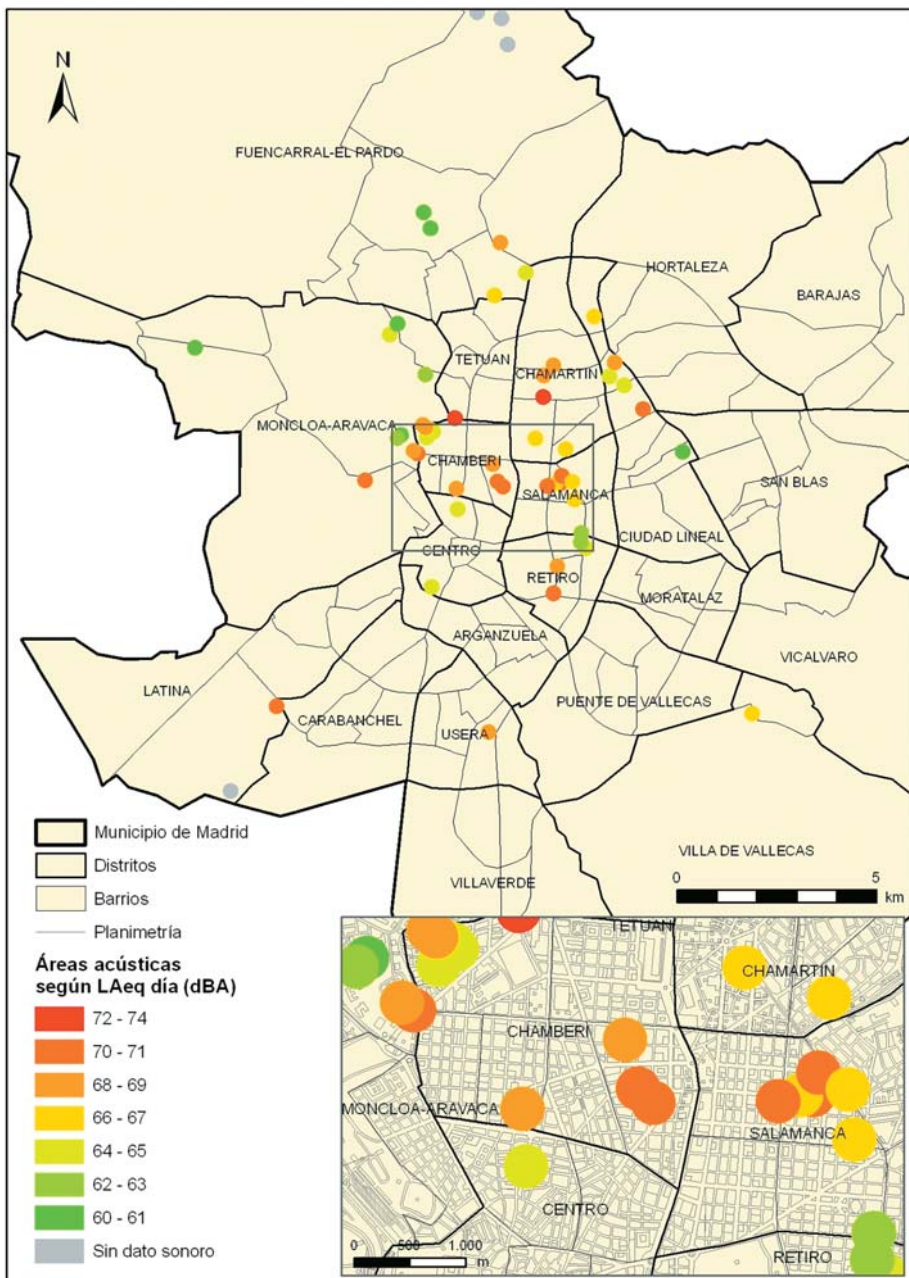
El análisis estadístico de los resultados de aplicar el segundo método indica que la mediana de las áreas acústicas, como valor que divide el conjunto en dos mitades iguales, es 68 dBA para el periodo diurno (de 7 a 23 horas) y 61 dBA para el nocturno (de 23 a 7 horas). Se aprecia que los niveles sonoros que soportan los hospitales en su entorno experimentan un descenso durante la noche, si bien ambos valores son bastante elevados. Para el periodo diurno, el 1<sup>er</sup> cuartil asciende a 64 dBA, indicando que el 75 % de los entornos acústicos presenta un nivel sonoro superior a dicho valor; y el 3<sup>er</sup> cuartil revela que en una cuarta parte de los centros hospitalarios se supera incluso los 70 dBA. Para el caso nocturno, ambos valores son, respectivamente, 58 y 64 dBA, sensiblemente más bajos. En resumen, comparando los dos periodos temporales considerados, constatamos que los niveles sonoros que definen el entorno acústico de los hospitales son más elevados durante el día que durante la noche. La mediana de los datos sonoros es mayor y éstos presentan menor amplitud (amplitud total día = 14 dBA, noche = 16 dBA) y algo menos de variabilidad que en el caso de la noche (amplitud semi-intercuartil día = 2,63 dBA, noche = 3,12 dBA).

Como ejemplo y expresión cartográfica del segundo método se muestra la figura 7, en la que las áreas acústicas (200 m de radio) de los hospitales se simbolizan empleando una escala cromática acorde al nivel sonoro registrado en ellas (en dBA), desde el verde (niveles sonoros más bajos) hasta el rojo (niveles más altos). El plano corresponde al periodo diurno<sup>14</sup>.

Se puede observar cómo los centros hospitalarios cuyo entorno acústico es más ruidoso tienden a ubicarse sobre la mencionada *almendra central*, mientras que hacia

14. La situación nocturna revela una tendencia general similar, aunque con una cierta reducción de los niveles sonoros.

Figura 7. Áreas acústicas de los hospitales madrileños, según su nivel sonoro, durante el periodo diurno



FUENTE: Elaboración propia con datos del Plano Acústico de Madrid de 2002.

la periferia madrileña disminuyen los niveles sonoros registrados en dichos entornos. Por lo que respecta a los distritos periféricos, hay que precisar una diferencia observable entre las situaciones de los distritos localizados al noroeste de Madrid (Fuencarral-El Pardo y Moncloa-Aravaca), con niveles de renta elevados, frente al arco periférico sudoeste-este (formado por distritos como Latina, Carabanchel, Usera, Villaverde, Puente de Vallecas, Moratalaz y San Blas), con los niveles de renta menos favorables. En los primeros, los entornos acústicos de los centros hospitalarios registran niveles sonoros más bajos, mientras que en los segundos los entornos resultan bastante más ruidosos. En cualquier caso, la zona acústicamente más conflictiva de Madrid corresponde a la mencionada *almendra central*, dentro de la cual los hospitales viven las situaciones sonoras más desfavorables en su entorno.

Completando esta caracterización con un análisis del cumplimiento de la normativa municipal, se aprecia que durante el periodo diurno tan sólo un centro hospitalario se encuentra en un entorno cuyo nivel sonoro es coincidente y por tanto cumple con el límite de  $L_{Aeq\ día} = 60$  dBA en suelo urbano, fijado por la ordenanza vigente<sup>15</sup> para las áreas acústicas del Tipo I (Áreas de silencio) destinadas a usos sanitarios y de bienestar social. El resto de centros rebasan el nivel sonoro ambiental aceptable marcado por dicha ordenanza: 38 registran menos de 10 dBA por encima del límite y 12 centros lo superan en 10 dBA o más. Durante el periodo nocturno la situación es bastante más grave, pues se incumple aún más generalizadamente la normativa, si cabe, en el entorno acústico de todos los hospitales madrileños, de manera que el mínimo registrado (54 dBA) ya está superando el límite legal de  $L_{Aeq\ noche} = 50$  dBA marcado por la ordenanza en suelo urbano. Así pues, son 21 los centros hospitalarios que superan en menos de 10 dBA el límite, mientras que 30 lo exceden en 10 dBA o más. A la vista de estos resultados, aunque el incumplimiento de la normativa municipal es generalizado, éste es mayor en el caso nocturno que en el diurno. Durante el día se llega a superar el límite legal en 14 dBA, mientras que durante la noche se excede hasta en 20 dBA. Todo ello indica que se precisan acciones urgentes para corregir tal situación. Espacialmente, los centros hospitalarios en los que el grado de incumplimiento de los límites normativos es mayor tienden a situarse hacia la zona de la *almendra central* de Madrid, sobre todo durante el periodo diurno.

En síntesis, y con las cautelas inherentes al método de estimación empleado, el panorama sonoro de los entornos hospitalarios madrileños parece claramente insatisfactorio, por excesivamente ruidoso. Aunque se constata la habitual reducción sonora durante la noche, el incumplimiento de la normativa municipal sigue siendo generalizado, y mayor en el caso nocturno que en el diurno.

## 6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Como balance del estudio cabe señalar, en primer lugar, que se ha definido y propuesto una metodología para la caracterización del entorno sonoro urbano envolvente de ciertos equipamientos. Se han discutido dos propuestas (cada una con sus

15. Ordenanza de Protección de la Atmósfera contra la Contaminación por Formas de Energía, aprobada por el Pleno de Ayuntamiento de Madrid el 31 de mayo de 2004.

ventajas e inconvenientes) y aplicado una de ellas de cara a conocer el ambiente sonoro próximo de los centros hospitalarios de Madrid. El segundo método planteado, que involucra datos en un radio de 200 m entorno al hospital) nos parece más riguroso, pues considera el conjunto de los datos sonoros más próximos, lo que le dota de mayor representatividad del entorno acústico de cada hospital, incorporando una visión más amplia y completa del mismo, aprovechando más la información del Plano Acústico de Madrid y minimizando el sesgo y aleatoriedad inherentes al uso de un solo dato sonoro (método primero expuesto). En definitiva, aunque siga considerando a cada hospital como un punto, es un método más exhaustivo.

En segundo lugar, debe subrayarse que resulta factible abordar más eficientemente las problemáticas ambientales urbanas en relación con la evaluación del impacto acústico, a través de las tecnologías de la información geográfica.

En tercer lugar, y en lo concerniente a las fuentes, el Catálogo de Hospitales supone una base de indudable interés para los fines de conocimiento avistados, si bien hay que recalcar que la naturaleza puntual de la información conlleva una serie de limitaciones, pues simplifica mucho las entidades reales (los edificios tridimensionales o la parcela ocupada por los centros sanitarios) e implica que las coordenadas del punto localizador son las más representativas, hecho no siempre cierto. De cara al futuro, el recurso a un modelo de geodatos mediante parcelas poligonales o figuras 3D son mejoras claras para este tipo de análisis.

Es de destacar, asimismo, la valiosa información acústica recogida en el Plano Acústico de Madrid de 2002, si bien es preciso añadir que el propio diseño del Plano ha introducido ciertas limitaciones a la capacidad del análisis. Por un lado, la estructuración cuadrículada de la información sonora ha supuesto un importante encorsetamiento; por otro, el desconocimiento de la localización exacta de los puntos muestrales a partir de los cuales se elaboró. No hay que olvidar, además, que los datos sonoros divulgados en el Plano son enteros, a partir de un redondeo, lo que supone un cierto grado de inexactitud, que tampoco fue enmendable en este trabajo. La distancia aproximada de 200 m entre puntos muestrales también parece algo desajustada (por excesiva) a los efectos de estudios de detalle como el abordado aquí. En las zonas donde dicha equidistancia ronda los 100 m (como en el distrito de Centro) se dispone de un grado de información mucho más rica, matizada y entendemos que suficiente y acorde con la *rugosidad* de los micro-entornos urbanos que se trata de caracterizar. Aunque esa diferencia de distancia significa cuadruplicar los puntos muestrales, un esfuerzo en la generación del futuro mapa acústico de Madrid en ese sentido permitiría mejorar la calidad de los indicadores para tales aplicaciones.

Tras haber definido aquí los entornos acústicos de los centros hospitalarios, el siguiente paso, que será abordado en el futuro, analizará mediante estadísticos descriptivos las variaciones espaciales y temporales existentes en dichos ámbitos, y muy especialmente examinará el cumplimiento de los límites legales contemplados por la normativa en el entorno de estos equipamientos. Con ello, cobrará pleno sentido esta línea de trabajo que encara un importante problema ambiental urbano al que se enfrenta la Administración Municipal y que azota la vida de la mayoría de la población. La metodología expuesta de nuevo avala la potencialidad de los SIG, en tanto que

tecnología de apoyo a la toma de decisiones espaciales, por cuanto permitiría actuar sobre esas externalidades ambientales que, originadas mayoritariamente por el tráfico, afectan a funciones y entornos altamente sensibles, como son los hospitalarios, y por tanto demandantes de protección.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AYUNTAMIENTO DE MADRID. Madrid Salud. Servicio de Prevención y Promoción de la Salud [en línea]. Madrid, 2006 [ref. varias en 2006]. Disponible en web: <<http://www.munimadrid.es/Principal/ayuntamiento/ServMuni/salud/prevencionypromocion/index.htm>>.
- AYUNTAMIENTO DE MADRID. Madrid Salud. Servicios Municipales [en línea]. Disponible en web: <<http://www.munimadrid.es/Principal/ayuntamiento/servmuni.asp>>.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. Ministerio de la Presidencia. Iberlex – Legislación estatal, autonómica y comunitaria desde 1960 [en línea]. Madrid, 2006 [ref. varias en 2006]. Disponible en web: <[http://www.boe.es/g/es/bases\\_datos/iberlex.php](http://www.boe.es/g/es/bases_datos/iberlex.php)>.
- CANO MURCIA, A. (2004): *Régimen Jurídico de la Contaminación Acústica*. Navarra, Editorial Aranzadi, SA.
- COMUNIDAD DE MADRID. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Instituto de Estadística. *NOMECALLES Nomenclátor Oficial y Callejero* [en línea]. España, 2006 [ref. varias en 2006]. Disponible en web: <<http://gestiona.madrid.org/nomecalles/>>.
- COMUNIDAD DE MADRID. Consejería de Sanidad y Consumo. *Catálogo de Hospitales de la Comunidad de Madrid* [en línea]. Disponible en web: <[http://www3.madrid.org/catalogo\\_hospitales](http://www3.madrid.org/catalogo_hospitales)>.
- COMUNIDAD DE MADRID. Consejería de Sanidad y Consumo. *Informe del Estado de Salud de la Población de la Comunidad de Madrid 2003*. Disponible en web: <<http://www.madrid.org/sanidad/salud/informe/marcos/ffinforme.htm>>.
- DE LA IGLESIA HUERTA, A. (1999): *El ruido y sus consecuencias para la salud, Primer Congreso Nacional sobre el Ruido*. Madrid, Editorial AECOR.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, A. (1988): *La contaminación acústica*. Valencia, Universidad de Valencia, Servicio de Publicaciones.
- GARCÍA SANZ, B. y JAVIER GARRIDO, F. (2003): *La contaminación acústica de nuestras ciudades*. Barcelona, Fundación «la Caixa», Colección Estudios Sociales, n.º 12.
- GONZALO GARCÍA, M. (2000): *Estudio de ruido en obras de construcción*. Proyecto Fin de Carrera de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, Madrid. Universidad Autónoma de Madrid, (policopiado).
- GOULD, M. (1988): «Innovación en los sistemas de información geográfica» en Alegre, P. (coord.): *Tecnología geográfica para el siglo XXI*. Barcelona, Dep. de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona, págs. 41-59.
- HARRIS, C. M. (1977, dir.): *Manual para el control del ruido*. Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE). *Nomenclátor* [en línea]. Disponible en web: <<http://www.ine.es/nomen/nomena.jsp>>.
- MARTÍNEZ SUÁREZ, P. y MORENO JIMÉNEZ, A. (2005): «Análisis espacio temporal con SIG del ruido ambiental urbano en Madrid y sus distritos», *GeoFocus* (Artículos), n.º 5, págs. 219-249. Disponible en Web: <<http://geofocus.rediris.es/principal.html>>.
- MORENO JIMÉNEZ, A. (2005, coord.): *Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. Madrid, Editorial Ra-Ma.

- MORENO JIMÉNEZ, A. y MARTÍNEZ SUÁREZ, P. (2005): «El ruido ambiental urbano en Madrid. Caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectable», *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, n.º 40, págs. 153-179.
- ORTEGA ÁLVAREZ, L. I. (1995): «Prólogo», en Alonso García, M. C. (1995): *El régimen jurídico de la contaminación atmosférica y acústica*. Madrid, Editorial Marcial Pons, Ediciones Jurídicas, SA.
- PERERA MELERO, P. (s.f., coord.): *Jornadas internacionales sobre contaminación acústica en las ciudades, Madrid 2002*. Madrid, Ayuntamiento de Madrid.
- PÉREZ MARTOS, J. (2003): *Ordenación jurídica del ruido*. Madrid, Editorial Montecorvo, SA.
- RECUERO LÓPEZ, M. (s.f.): *Contaminación acústica*. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Licenciatura en Ciencias Ambientales.
- SANZ SA, J. M. (1987): *El ruido*. Madrid, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Serie Unidades Temáticas Ambientales de la Dirección General del Medio Ambiente.
- TRES CANTOS, SA. *Visor Geográfico GeoMadrid* [en línea]. España, 2006 [ref. varias en 2006]. Disponible en web: <<http://www.trescantossa.com/navegar>>.
- VV. AA. (1991): *El ruido en la ciudad. Gestión y control*. Madrid, Sociedad Española de Acústica.
- WALKER, J. y FLINDELL, I. (2001): *Noise pollution*. John Wiley and Sons.