

II. Algunos términos básicos para entender el ruido

2.1. Introducción

Mal podemos continuar hablando del ruido como factor de contaminación si no partimos de algunos conceptos básicos y tenemos claras las ideas que están detrás de las definiciones. El ruido, como factor de contaminación de las sociedades actuales, tiene su propia jerga y sus expresiones, que se canalizan mediante una terminología que ya ha alcanzado un cierto consenso.

Obviamente, los términos al uso son diversos y variados, por lo que resulta casi imposible pretender, aunque sea someramente, hacer un acercamiento superficial a todos ellos. Aunque no renunciamos a descifrar algunos conceptos más técnicos, tal como los describe la física, nuestro objetivo consiste en que el ciudadano entienda cómo se formula este problema; por eso hemos optado por la simplificación, renunciando a las precisiones y concreciones que sin duda alguna hubiera introducido el experto técnico. Pretendemos, por un lado, poner las bases para que las personas que padecen el problema, pero que no tienen conocimientos científicos para explicarlo, puedan moverse con una cierta soltura a través de estos temas y comprender, de una manera o de otra, lo que les pasa; y por otro, que los que lean este libro puedan entenderlo sin dificultad.

2.2. Definición de términos

Entendemos que el *ruido* es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias diferentes. Una primera distinción es que no todo sonido es ruido, aunque el ruido por definición implica un grado determinado de sonido. Que el sonido no siempre es ruido queda demostrado al advertir que existen muchos sonidos que nos resultan agradables y que no existen muchos inconvenientes para que se repitan. Pararse para oír el sonido de los pájaros, escuchar el susurro del agua que corre por un río que se desliza por una pendiente, escuchar el zumbido del aire cuando rompe la mañana o se acerca el declinar de la tarde son fenómenos que no sólo no nos molestan, sino que, incluso, queremos repetir. Hay gente que cuando trabaja prefiere, para concentrarse, tener una música de fondo que por supuesto ni hiere su oído, ni dificulta su atención; y otros, con un mayor nivel de atención, no tienen inconveniente en trabajar teniendo puesta una emisora de radio. Obviamente, esta perspectiva positiva del ruido tiene sus defensores. Un trabajo, relativamente reciente (López Barrio, I. y Carles, J.L., 1997), ha analizado también esta perspectiva y, junto a paisajes sonoros urbanos que producen automáticamente una sensación de molestia, rechazo o malestar, hay otros que suscitan recuerdos y sensaciones agradables. Los valores apuntados por estos autores son (López Barrio, 2000: 47 y ss):

a) Los ambientes sonoros que se valoran como legibles suelen tener una valoración positiva para los sujetos que los identifican.

b) Los sonidos que se relacionan con lo conocido, con lo familiar, la historia, las costumbres, las tradiciones y formas de vida de la ciudad son muy valorados.

c) Cada sonido o ambiente sonoro posee un determinado significado simbólico que provoca reacciones en los sujetos. Así, determinados «ambientes sonoros, como los saturados por el ruido y los excesivamente silenciosos, se asocian, generalmente, con angustia e inseguridad, siendo fuertemente rechazados (pasos subterráneos, calles peatonales durante la noche). Por el contrario, aquellos ambientes en los que prevalecen los sonidos sociales y naturales sobre los tecnológicos se asocian con la paz, la tranquilidad, la compañía, etc., siendo altamente apreciados».

d) El sonido está ubicado en un espacio, por lo que se da una relación entre ambos. El diseño determina los usos del espacio y éstos, a su vez, las fuentes sonoras. Hay pues una fuerte relación entre sujeto, sonido y espacio.

e) Si bien hay espacios que son rechazados porque son considerados lugares de paso o huida (los dominados por el tráfico), hay otros que son muy valorados porque favorecen la cohesión o la interrelación con el medio.

Pero existen sonidos que, aunque por su estructura o por su contenido no parece que se puedan constituir en ruidos, dada su intensidad o el momento en que se producen, pueden generar una situación molesta para algunos, que pueden sentirse satisfechos y acompañados. El sonido pasa a ser ruido cuando se introduce la variable «molesto». Pero incluso «lo molesto», aunque existe un consenso para objetivarlo, depende también de circunstancias subjetivas. Molesto puede resultar el ruido de una discoteca para los vecinos que viven junto a ella, pero no para los jóvenes que voluntariamente van a bailar y se dejan envolver por el alto nivel de decibelios que les rodea; molesto puede resultar oír el pitido del conductor inaprensivo que no tiene paciencia para aceptar los inconvenientes que tiene sacar el coche en la ciudad, pero seguro que no piensa ni siente de la misma manera el conductor que está habituado a esta práctica. Sin duda alguna es una molestia escuchar las voces de los vecinos, enterarse del programa de televisión que están viendo los de al lado, saber el tipo de música que les gusta, o participar de una fiesta a la que no has sido invitado; pero seguro que no tiene la misma opinión el vecino que celebra la fiesta, el que escucha la música, o el que eleva el tono de la televisión como si el sonido no traspasara las paredes. López Barrio y Carles, J.L. (1997: 23) han sintetizado este punto de vista señalando que «la dimensión de la subjetividad, junto con los parámetros físicos, determinarán que un sonido sea evaluado de forma negativa como ruido (sonido desagradable que interfiere y/o molesta) o, por el contrario, de manera positiva, como señal (sonido informativo en relación a un contexto o tarea)».

Independientemente de todas estas matizaciones y precisiones, existe el ruido como sonido molesto y perjudicial, y como tal, es un fenómeno que hay que prevenir y erradicar. Se entiende por ruido aquel sonido no deseado que causa molestia a una persona o grupo de personas; siendo la definición

de molestia, según el diccionario de la Real Academia Española, «fatiga, perturbación, extorsión; enfado, fastidio desazón o inquietud del ánimo; desazón originada de leve daño físico o falta de salud; falta de comodidad o impedimento para los libres movimientos del cuerpo, originada de cosa que lo oprima o lastime en alguna parte».

Mientras *el ruido*, en un sentido amplio, es cualquier sonido que interfiere en alguna actividad humana, *el sonido* es simplemente la sensación auditiva que produce una onda acústica. En este sentido, cualquier sonido puede considerarse como resultado de la audición de varios sonidos producidos por ondas senoidales simultáneas. El *ruido es interno* si la presión acústica existente en un determinado local es debida a una o varias fuentes que funcionan dentro de él. Estamos ante *un ruido ambiental* o *externo*, cuando se produce un sonido no deseado o nocivo generado por la actividad humana en un determinado tiempo y en un espacio abierto. La nota característica es que se produzca en el exterior y, por lo tanto, incluye tanto el ruido emitido por los medios de transporte, por los emplazamientos, o por edificios industriales.

El ruido se puede clasificar en *ruido continuo*, cuando se manifiesta ininterrumpidamente durante más de diez minutos. Dentro de este tipo de ruidos se diferencian estos tres: *ruido continuo uniforme*, si las variaciones de la presión acústica, utilizando la posición de respuesta lenta del equipo de medición, varían ± 3 dBA; *ruido continuo variable*, si la variación oscila entre ± 3 y ± 6 dBA; y *ruido continuo fluctuante*, si la variación entre límites difiere ± 6 . *Ruido transitorio* es aquel que se manifiesta ininterrumpidamente durante un período de tiempo igual o menor a cinco minutos.

También, dentro de este tipo de ruido, se diferencian tres categorías: *ruido transitorio periódico*, cuando el ruido se repite con mayor o menor exactitud, con una periodicidad de frecuencia que es posible determinar; *ruido transitorio aleatorio*, cuando se produce de forma totalmente imprevisible, por lo que para su correcta valoración es necesario un análisis estadístico de la variación temporal del nivel sonoro durante un tiempo suficientemente significativo; y *ruido de fondo*, que constituye un matiz del ruido ambiental y se caracteriza por la ausencia de un foco o varios focos perturbadores en el exte-

rior, y que equivale a un nivel de presión acústica que supera el 90% de un tiempo de observación suficientemente significativo, en ausencia del ruido objeto de la inspección.

Se habla también de *ruidos blanco y rosa* para diferenciar si el ruido contiene todas las frecuencias con la misma intensidad, *ruido blanco*, o se dan cambios dentro de las mismas, *ruido rosa*. El *ruido objetivo* serviría para identificar a una fuente sonora o vibrante que funciona de forma automática, autónoma o aleatoria, sin que intervenga persona alguna que pueda variar las condiciones de funcionamiento de la fuente; y se daría un *ruido subjetivo* cuando las condiciones objetivas de la fuente quedan supeditadas a la voluntad del manipulador de la fuente. Todo ello nos permite hablar de un *paisaje sonoro*, situación que se da cuando confluyen tanto los sonidos naturales, propios del medio, como los sonidos ligados a las actividades del hombre; y de un *ambiente sonoro urbano*, que es el típico de la ciudad, y en el que confluyen y se entremezclan los diferentes sonidos que la caracterizan.

Hablamos de *área acústica* cuando nos referimos a un espacio territorial, delimitado por la Administración, que presenta la misma calidad acústica; y de *calidad acústica* al referirnos a los niveles o magnitudes acústicas que alcanzan los diferentes espacios, en función de la emisión o inmisión de sonidos. Otros, con más precisión, hablan de *calidad sonora*, entendiendo como tal 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.

Dentro de este apartado se han hecho diferentes clasificaciones; una de ellas es la siguiente: *zonas de alta sensibilidad acústica*, aquellas zonas que admiten una protección alta contra el ruido, como son las zonas sanitarias, las docentes, las culturales o los espacios protegidos; *zonas de moderada sensibilidad acústica*, que se refieren a aquellos sectores que admiten una percepción del nivel sonoro medio, como las viviendas, hoteles o zonas de especial protección como los centros históricos; *zonas de baja sensibilidad acústica*, comprenden todos los sectores del territorio que admiten una percepción del nivel sonoro elevado, como restaurantes, bares y locales o centros

comerciales; *zona de servidumbre*, son aquellos sectores afectados por servidumbres sonoras a favor de sistemas de infraestructuras viarias, ferroviarias u otros equipos públicos que las reclamen. La clasificación de las zonas con el fin de poder medir la sensibilidad contra el ruido constituye un objetivo prioritario. Una clasificación bastante completa es la siguiente, recogida en la normativa de la Comunidad de Madrid (Decreto 78/1999, de 27 de mayo):

Ambiente exterior

Área de silencio: sectores del territorio que requieren una especial protección acústica (hospitales, centros de educación, centro de cultura o espacios protegidos).

Área levemente ruidosa: sectores que requieren una protección alta contra el ruido (uso residencial y zonas verdes).

Área tolerablemente ruidosa: sectores del territorio que requieren una protección media contra el ruido (hospedaje, oficinas y servicios, usos comerciales, usos deportivos, usos recreativos).

Área ruidosa: sectores del territorio que requieren protección menor contra el ruido (uso industrial y servicios públicos).

Área especialmente ruidosa: sectores del territorio afectados por servidumbres sonoras a favor de infraestructuras de transporte y áreas de espectáculos.

Ambiente interior

Área de trabajo: zona del interior de los centros de trabajo.

Área de vivienda: zona del interior de la vivienda.

Es muy importante esta delimitación, puesto que a la hora de emitir una valoración sobre los niveles de ruido no es la misma la que se tiene que hacer si el ruido se produce en un parque, en un hospital, en una escuela de niños, en un lugar de ocio, en una zona residencial o en un lugar de trabajo. En todos los casos hay sujetos que pueden verse más o menos afectados por sus características personales y por condiciones individuales muy distintas,

que sin duda se deben tener en cuenta a la hora de evaluar los efectos que produce sobre los colectivos afectados. Dentro de estos conceptos se habla de *zona relativamente tranquila* cuando una aglomeración no está expuesta a un valor L_{den} superior al determinado por las autoridades competentes; se habla de *zona relativamente tranquila en campo abierto* cuando no se sobrepasan los niveles determinados por la autoridad competente por el ruido del tráfico, la industria o por actividades recreativas. Por el contrario, se entiende por *zona de ruido* aquel territorio que se encuentra ubicado en torno a fuentes de ruido en las que se aplican normas legales de lucha contra el ruido. Se llama *gran eje viario* a cualquier carretera nacional o internacional que soporta tres millones de vehículos al año. *Gran eje ferroviario* cuando se da un tráfico de trenes superior a los 30.000 y *gran aeropuerto* cuando la suma de los despegues y aterrizajes supera las 50.000 unidades.

La calidad acústica nos remite a *un emisor acústico* que hace referencia a las actividades, infraestructuras, equipos, maquinaria que genera la contaminación acústica; y a *una inmisión* que se refiere a los niveles de ruido que padece el sujeto o sujetos. Tanto la emisión como la inmisión son objeto de evaluación, sus resultados se suelen expresar en un índice. Tres son, a nuestro entender, los más importantes: *el índice acústico*, que valora de forma globalizada, es decir, en un solo número, el nivel acústico de una zona, de un área, de una ciudad o de un país; *el índice de emisión*, que aplica el valor a la fuente que produce el ruido, antes de llegar a los destinatarios; y *el índice de inmisión*, que mide la exposición de los sujetos a los niveles de ruido que se producen en su entorno, durante un período de tiempo determinado.

Se llama *valor límite de emisión* de una fuente al índice o nivel que nunca debería ser sobrepasado durante un período de tiempo, medido con arreglo a unas condiciones establecidas; y *valor límite de inmisión* cuando ese índice se refiere al sujeto que padece el ruido. Lógicamente puede haber diferencias importantes entre los índices de emisión y los de inmisión, puesto que entre las fuentes de emisión y el lugar de inmisión pueden instalarse elementos protectores que reducen el ruido que se produce en origen. Obviamente, cuando se habla de «*valores límite*» estamos ante convenciones y acuerdos que, aunque tienen una cierta base objetiva, no están exentos de

valoraciones subjetivas. De hecho, estos valores se van modificando con el tiempo en función de nuevas necesidades y nuevas exigencias que tienen como objetivo común mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Por debajo del *valor límite* es posible hablar, también, de *valores tolerables*, si el ruido que nos circunda no impide desarrollar con normalidad nuestra actividad. Estas mediciones pueden hacer también referencia tanto a las emisiones como a las inmisiones.

Pero el ruido no sólo está en función de unas fuentes y de unos sujetos afectados, depende, también, del tiempo y del espacio. En este sentido se habla de *velocidad del sonido* para aludir al tiempo que tardan las ondas sonoras en recorrer un espacio, en un medio elástico. Aunque la velocidad depende de la masa y de la elasticidad del medio, sin embargo, en condiciones normales de presión y de temperatura, la velocidad del sonido en el aire es de 344 metros por segundo. El sonido hay que enmarcarlo en un *período* que se define como la duración total de un ciclo completo de oscilación medido en segundos; y en una *frecuencia* que es el inverso del período y da cuenta del número de ciclos completos de oscilación que ocurren en un tiempo determinado. La unidad de medida de la frecuencia es el hercio (Hz), que equivale a un ciclo por segundo. La frecuencia puede medirse en *octavas* o en *tercios de octava*. Mientras la *octava* mide el intervalo de frecuencia comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior ($f_2 = 2 \cdot f_1$), el *tercio de octava* es el intervalo de frecuencias comprendido entre f_1 y f_2 siendo $f_2 = 2^{1/2} \times f_1$. Las frecuencias de tono alto se corresponden con los sonidos agudos, y las de tono bajo, con los graves. Mientras los tonos graves están situados por debajo de los 200 Hz, los agudos lo están por encima de los 4.000 Hz y los tonos medios ocuparían la posición entre ambos. Se utiliza el término *reverberación* cuando persiste un sonido en un punto determinado del interior de un recinto, debido más que nada a las reflexiones sucesivas en los cerramientos de un local.

Las ondas sonoras, que existen con independencia de la presencia de un receptor, son recibidas e interpretadas como sonido por el sistema sensorial humano. La respuesta más común a las vibraciones de las ondas sonoras es la sensación de oír, y somos capaces de oír porque tenemos un aparato, el

oído, que detecta las fluctuaciones muy pequeñas y rápidas de la presión del aire llamadas ondas sonoras. La magnitud percibida del sonido se denomina **sonoridad**, que es la sensación sonora que produce el sonido en un oyente, la cual depende fundamentalmente de la intensidad y de la frecuencia del sonido. El aparato auditivo humano convierte las ondas mecánicas de la energía del sonido en impulsos eléctricos codificados, que se transmiten al centro auditivo del cerebro; éste traslada la señal sonora a casi todos los centros nerviosos y órganos del cuerpo. Por ello, el sonido no sólo afecta al centro auditivo del cerebro, sino que incide sobre los componentes fisiológicos, emocionales y psicológicos de los individuos, provocando una respuesta compleja, que incluye dimensiones fisiológicas, psicológicas y sociales.

Es importante señalar que la onda sonora es al mismo tiempo un medio de transmisión de un mensaje y el mensaje mismo, por eso, todo sonido adquiere un significado para el receptor, cuya interpretación subjetiva provoca una reacción y un estado emocional. López Barrio (1997: 15), siguiendo a Pocok, ha sintetizado esta idea señalando que «la presencia del sonido contribuye al proceso mediante el cual los ambientes se convierten en lugares, imprimiéndoles una atmósfera particular generadora de múltiples y variados sentimientos y sensaciones». El sonido constituye un estímulo importante y necesario en la vida del hombre, ya que proporciona una información esencial para nuestras vidas y es un componente básico del medio ambiente en el que nos desarrollamos. Contribuye, por otro lado, a conocer e interpretar el contexto medioambiental, permite la comunicación y el intercambio de pensamientos y emociones, facilita el goce o el sufrimiento de la situación vivida, etc. Como han señalado Ballas y Howard (1987) «el sonido ambiental constituye una forma de lenguaje que nos habla e informa acerca del medio en el que es percibido, pudiendo ser interpretado mediante procesos cognitivos similares a los de la percepción de la palabra» (López Barrio y Carles, J.L., 1997: 21). Por eso, la ausencia total de ruido, el silencio absoluto, también provoca alteraciones psicósomáticas y trastornos en el comportamiento, pudiendo llegar a hacerse irreversible.

Finalmente, el concepto de *evaluación* se refiere a cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar el valor de un indicador de ruido o del efecto o efectos nocivos correspondientes.

2.3. Los sistemas de medición del ruido

Hay cuestiones que resultan complementarias y esclarecedoras de los términos técnicos que sintéticamente acabamos de definir. Puesto que, como dijimos antes, el sonido es una forma de energía mecánica, la onda sonora implica un flujo de energía, y la velocidad con la que esa energía acústica llega a una unidad de superficie normal se conoce con el término de *intensidad acústica* y se mide en vatios por metro cuadrado. Por otro lado, la emisión de energía acústica de una fuente sonora en la unidad de tiempo se conoce con el nombre de *potencia acústica*. La intensidad acústica es proporcional a la medida cuadrática de la presión acústica, y para caracterizar un ruido se mide su presión acústica en relación a una presión establecida como referencia (la menor presión acústica audible por un joven en condiciones vitales óptimas). Ahora bien, los valores de la presión acústica y de la potencia acústica no se utilizan en la práctica, y dado que la presión acústica tiene un margen muy amplio, se han determinado niveles manejables de dicha presión; dichos niveles se corresponden con la unidad de medida que se denomina *decibelio* (dB). Esta medida es la más pequeña variación sonora perceptible por el oído humano. Los *decibelios* son, pues, la unidad de medida de la intensidad relativa del sonido percibida por el oído humano. Los dB forman una escala que definen los diferentes umbrales de la audición. El valor mínimo es el 0 dB que se correspondería con el silencio absoluto, y el máximo con el 140 dB, que equivaldría a los límites del dolor. Serían valores significativos, dentro de esta escala, los 30 dB que produce un despertador, o los 60 dB que genera una conversación. Es la escala más usada porque reproduce la sensibilidad del oído humano, dando más valor a las frecuencias medias que se ubican entre los 1.000 y 4.000 Hz. El sonómetro sería el aparato que se utiliza para medir el nivel de presión sonora.

Conviene señalar que cuando se doblan los niveles de presión sonora, o concurren dos fuentes de ruido en un mismo espacio, el resultado no es la suma o la duplicación. Por ejemplo, si se repercute sobre un bombo generando un nivel de presión sonora de 90 dB, y se repite la operación repercutiendo sobre dos bombos con el mismo nivel sonoro, el resultado no sería la duplicación, sino un aumento de 3 dB. Por el contrario, si dos fuentes emiten

ruido a la vez, pero con diferente nivel de presión sonora, el resultado no sería la suma, sino el de la fuente que tiene el nivel de presión más alto. En este caso, el sonido fuerte enmascara al débil. Un tercer ejemplo, si en dos momentos diferentes se aumenta en 10 dB el nivel de presión, la sensación que percibe nuestro oído no es el relativo a ese aumento, sino es como si se hubiese duplicado.

Pero en la medición del ruido no sólo conviene saber su nivel general, sino también su distribución en cada una de las frecuencias que lo componen, es decir, el espectro o composición del ruido complejo (frente al puro, que presenta una sola frecuencia). El análisis de las frecuencias es importante porque dos ruidos que tengan un mismo nivel de presión sonora pueden presentar distribuciones de frecuencias muy diferentes, siendo más molesto cuanto mayor sea el componente de altas frecuencias.⁽¹⁾ Como el oído humano es poco sensible a las bajas y altas frecuencias, surge la necesidad de introducir filtros para representar el nivel de ruido percibido. Con el fin de tener en cuenta la diferente respuesta humana a un ruido en función de su espectro de frecuencia se introdujo en su medida el concepto de *curvas estándar de ponderación*, que discriminan el peso relativo de cada frecuencia en el conjunto del espectro. Se habla de tres curvas de ponderación la A, para niveles de sonoridad de menos de 55 fonios;⁽²⁾ la B, para niveles de sonoridad entre 55 y 80 fonios, y la C, para niveles superiores a 80 fonios. Se añadiría una más, la D, que se utiliza para ponderar el ruido de aviones. De las cuatro curvas indicadas, la «A» es la que se usa con más frecuencia para medir el ruido, pues su respuesta a las distintas frecuencias es la que mejor se correlaciona con el modo en que el oído humano percibe el sonido. En consecuencia, para expresar la intensidad subjetiva del sonido para el oído humano se utiliza el nivel de presión acústica ponderado «A» –que es una unidad de medida estandarizada para medir el ruido provocado por los transportes. Cuando los valores de los decibelios se expresan en esta medida se adopta la denominación dBA.

(1) La energía acústica de un ruido se distribuye en bandas de frecuencia, a cada una de las cuales les corresponde un nivel de presión acústica. Normalmente se usan ocho bandas cuyos valores centrales en hercios son los siguientes: 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 y 8.000 Hz.

(2) Fonio es una unidad de medida de la sonoridad. Equivale a 1 decibelio de sonido cuya frecuencia sea de 1.000 Hz.

En términos prácticos y más sencillos podemos simplificar la anterior descripción en tres parámetros básicos susceptibles de medición, que son extensibles a todos los sonidos. De una parte, la *intensidad*, cuyo nivel se cuantifica mediante el *decibelio* (dB), y que depende de la potencia de la fuente sonora, de la dirección en la cual se propaga y de la distancia existente entre dicha fuente y el aparato auditivo que la recibe. De otra parte, la *frecuencia*, o número de oscilaciones emitidas durante un segundo por la fuente del sonido de que se trate; como hemos dicho, la frecuencia se mide en hercios (Hz), los cuales dan cuenta del número de ondas por segundo. Tanto por lo que se refiere a la intensidad, como por lo que atañe al espectro de frecuencias, los sonidos, que el oído humano es capaz de percibir, son extraordinariamente diversos y su percepción puede variar en una amplia gama que va desde los muy agradables hasta los insoportables. La molestia ocasionada por el ruido depende –no exclusivamente– de ambos factores, más la *duración*. Esta última, que es el tercer factor básico a considerar en la caracterización del ruido, se refiere a la variación del sonido en el tiempo; puede ser clasificado como de tipo *continuo* (por ejemplo, una bomba de agua o el ruido ambiental de fondo en una discoteca), *fluctuante* (el producido por el tráfico rodado), *transitorio* (el paso de un tren o de un avión), o *de impacto* (el disparo de una pistola).

Para entender el factor duración en la medición estadística de la exposición al ruido, se ha introducido la magnitud de nivel de *presión acústica equivalente*, cuya expresión se corresponde con el « L_{eq} ». Su cálculo «mide el nivel constante de ruido, con el mismo contenido de energía que la variación acústica de la señal sonora calculada» (Aagesen, H., 2002: 57). Se trata de un parámetro que pretende evaluar las molestias producidas en el interior de los locales por ruidos fluctuantes procedentes de instalaciones o actividades ruidosas. Es un valor que sirve para expresar la media de distintos niveles sonoros en un período de tiempo determinado, con lo cual se obtiene un nivel sonoro continuo equivalente. Dicho de otro modo, el « L_{eq} » representa el nivel de ruido constante que en un intervalo de tiempo contiene la misma energía total que el ruido fluctuante que se ha medido, tiene normalmente una ponderación del tipo A y se utiliza como indicador del porcentaje de tiempo total durante el cual se supera un nivel acústico deter-

minado;⁽³⁾ puede hacer referencia a 60 segundos, a 8 horas, o a un día completo, 24 horas. A su vez, el L_{eq} , se puede descomponer en índices, siendo los más importantes los siguientes:

- Si el L_{eq} , con la escala de ponderación A, aparece sin ninguna denominación se refiere al tiempo total en que se ha hecho la medición y mide el nivel equivalente continuo en dBA, procedente del foco emisor objeto de evaluación.

- Si, por el contrario, va acompañado de alguno de estos subepígrafes, L_{90} , L_{50} o L_{10} , tiene la siguiente interpretación: L_{90} significa que el nivel sonoro obtenido se corresponde con el 90% del tiempo de la medición; L_{50} , cuando el nivel de ruido ha alcanzado o sobrepasado el 50% del tiempo de medición; y el L_{10} , cuando el nivel de ruido ha alcanzado o sobrepasando el 10% de tiempo de medición. Se suele identificar *el nivel de ruido de fondo* con el L_{90} , y su contenido representa el nivel de ruido que se ha alcanzado sobrepasando el 90% del tiempo de medición, sin que se haya considerado el foco emisor objeto de la medición. Por otro lado, el L_{10} sería el índice más adecuado para medir los sonidos más intensos de un período, puesto que refleja las puntas o las oscilaciones más altas que se dan en la evaluación. El ruido de fondo también se podría expresar por cualquier índice de evaluación L_{eq} , L_{10} , L_{90} , etc. siempre y cuando la actividad principal generadora del ruido que se evalúa esté parada.

Pero las circunstancias que concurren en el sujeto que padece el ruido son muy distintas durante el día y durante la noche, de ahí que los valores del ruido, medidos en dBA, se den en valores equivalentes día (L_d), o en valores equivalentes noche (L_n), o en el nivel equivalente día y noche L_{dn} . Últimamente, la Unión Europea ha diferenciado un tercer período, la tarde, con lo que se obtiene un nuevo indicador, el L_{den} . Las mediciones equivalentes al día se extenderían desde las 7 hasta las 23 horas, y las de la noche, desde las 23 hasta las 7 horas. La introducción del tercer período, la tarde, ha obligado a modificar sobre todo el período diurno, que se desglosaría de 7 a 19 horas, para el día, y de 19 a 23 horas, para la tarde. Lo importante de esta distinción

(3) Respecto a este indicador, que es de uso común en el estudio de la contaminación acústica en las ciudades, la OCDE (1991: 137, nota 1) advierte que es cuestionable, o sólo parcialmente válido, por cuanto puede subvalorar acontecimientos sonoros ocasionales.

es la introducción de penalizaciones en los límites máximos que se podrían sobrepasar, y que serían de 10 dBA para la noche, y de 5 dBA para la tarde.

Se han levantado voces en contra de estas homologaciones, advirtiendo que no se puede regular para diferentes países niveles de ruido que tienen que ver mucho con la cultura de los pueblos. Sin duda alguna los perjudicados con estas medidas serían los países del sur de Europa, en los que tanto las tardes como las noches tienen un significado especial para el ocio, que se traduce en un aumento de los niveles de ruido. Los españoles, por nuestras condiciones climáticas, por nuestra forma de vivir (la calle es un lugar de encuentro y de reunión y por ser el destino elegido por millones de turistas para pasar sus vacaciones) somos especialmente proclives a generalizar ciertas prácticas ruidosas (Martín Pérez, J.M., 2000: 16).

Finalmente está el L_{max} , que establece los límites en dBA que nunca se deberían sobrepasar. Este límite ha dado lugar a un nuevo término, el de *los puntos negros*, que se identifica con aquellas zonas en las que se sobrepasan los límites máximos establecidos y que, en la mayoría de países, se suelen situar por debajo de los 65 dBA. Siguiendo con los colores, se denominan *zonas grises* aquellas en las que los niveles de ruido, siempre medidos en L_{eq} , se mantengan entre los 55 y 65 dBA entre las 8 y 22 horas, o entre las 6 y 22 horas, según los países.

Aunque en ocasiones las ordenanzas municipales pueden anticipar o retrasar los horarios en los que se inicia el día, la tarde o la noche, no ocurre así con los índices, que serían como límites máximos a respetar. Si bien el L_{Aeq} es una medida que se ha generalizado y se utiliza habitualmente en todos los países que miden las condiciones sonoras, es un indicador que empieza ya a tener problemas. Expertos internacionales en acústica coinciden en señalar que las actuales mediciones, utilizando el nivel ponderado «A», no valoran el grado de molestia sobre la población (Barti, R., 2002: 37). La desviación se da, según estos expertos, en que nuestro oído no trabaja con niveles máximos, sino con valores eficaces de presión acústica. Un test que se suele hacer es comparar la arrancada de tres vehículos, como un autobús, un coche y una moto. Los niveles de emisión de los autobuses tienen, de promedio, entre 8 y 10 dBA por encima de los de las motos, siendo los coches los más silencio-

sos. No obstante, si preguntamos a las personas sobre el grado de molestia del ruido, las respuestas son bastante contundentes: la moto sale siempre como la más ruidosa. ¿Pero, cómo es esto posible, si la moto está entre 8 y 10 dBA por debajo del ruido del autobús? La respuesta está en que falla la técnica. La conclusión a la que se llega es que hay que buscar métodos de medición más depurados (Barti, R., 2002: 38 y 39).

2.4. Los mapas de ruido

Como venimos comentando, los niveles de ruido hacen relación a medidas concretas, ahora bien, la forma más frecuente de expresar estas medidas es *el mapa de ruido*. Genéricamente se suele denominar mapa sonoro de una ciudad, o de un entorno urbano, «a un conjunto de medidas de niveles sonoros distribuidas adecuadamente en el espacio y en el tiempo». La información que proporciona resulta de una gran utilidad tanto para considerar la consiguiente planificación urbana como para orientar con pleno fundamento la lucha contra el ruido ambiental (García Rodríguez, A., 2002: 128). La elaboración de mapas de ruido puede adoptar uno de estos procedimientos:

a) Predicción de niveles sonoros ambientales exteriores mediante un programa específico que considera las diferentes variables que pueden ocasionar el ruido. Es un sistema basado en el cálculo.

b) Mediante sonometría, es decir, midiendo el ruido en los puntos previamente determinados en la ciudad. Es un sistema basado en mediciones reales.

c) Sistema mixto, en el que las predicciones se completan y se validan con mediciones reales.

En uno o en otro método es importante elegir los puntos de muestreo de los que se va a obtener la información y que van a dar lugar al mapa de ruido. El sistema de rejillas, a partir de unos vértices que se fijan al superponer el mapa de la ciudad, es el más utilizado. Se pueden elegir los puntos de medición de forma aleatoria, en función del conocimiento que se tiene del ruido, o utilizando otro método. Por el sistema de rejillas se establecen los puntos de predicción o de medición sobre los que se construyen los mapas.

El sistema de predicción, método utilizado en la ciudad de Zaragoza, pretende medir los niveles sonoros del exterior mediante un programa que fija unas áreas de estudio y analiza los diferentes elementos que pueden producir o mitigar el ruido; son éstos: tipología del lugar, características de las vías e intensidad del tráfico (tanto de vehículos como de ferrocarriles), situación y potencia acústica de otros focos sonoros, ubicación y altura de los edificios, existencia de zonas verdes, elementos de corrección de ruido (pantallas acústicas, etc.), condiciones meteorológicas (como temperatura, humedad relativa, dirección del viento) y aplicación de las leyes físicas que intervienen en la propagación del sonido. Madrid y Barcelona han optado por el método de sonometría, fijando previamente los puntos de medición sobre los que posteriormente se levanta el mapa y se establecen las tipologías. Es un método que mide la situación real ajustando los datos al momento en el que se toman las muestras. Unos y otros tienen sus ventajas y sus inconvenientes.

Los mapas obtenidos por el primer procedimiento tienen una naturaleza especulativa en tanto en cuanto reflejan de alguna manera un promedio. Por tanto no cabría establecer una comparación estricta con las mediciones reales, sistema seguido por el segundo método, puesto que estos mapas ofrecen una foto fija de la zona que se mide, en un momento determinado. Una ventaja importante del método de predicción es que la construcción de nuevos edificios, o las variaciones importantes de los flujos de la circulación, permiten recoger de forma inmediata estos cambios, recalculando de forma inmediata los mapas.

En uno o en otro caso se procede con rigurosidad tanto para determinar los puntos en los que hay un predominio del tráfico rodado como para establecer las mediciones precisas de cada punto.⁽⁴⁾

Pero los mapas del ruido suelen ir más allá de la medición y es cada vez mayor la preocupación no sólo por detectar las fuentes del ruido y los

(4) Por ejemplo, en la elaboración del último mapa acústico de Bilbao se ha seguido un procedimiento sometido a los pasos siguientes: 1) Campañas de medida para definir los puntos más conflictivos; 2) Obtención de un mapa de aforos de tráfico para los diferentes períodos; 3) Obtención de una modelización acústica de la ciudad; 4) Comparación y validación de la modelización con los datos obtenidos con las medidas; 5) Una vez que se ha ajustado el modelo se han obtenido los niveles sonoros producidos por el tráfico en una malla de puntos; 6) Una vez que se han uniformado todos los datos en los períodos diurno y nocturno se ha efectuado la integración de los mismos; y 7) Se ha procesado toda la información para ser tratada y visualizada (véase Mapa de Ruidos de Bilbao. Metodología).

niveles que se alcanzan, sino determinar, también, el porcentaje de población que se ve afectada por los diferentes niveles, así como la percepción que sienten los ciudadanos ante las molestias.

Como ha señalado Plácido Perera (2002: 175) «los mapas acústicos son sólo una herramienta válida para el control y mejora de los niveles sonoros ambientales existentes en la ciudad, pero desgraciadamente los resultados que proporcionan no tienen la exactitud que algunos pretenden dar. Los datos suministrados por las estaciones fijas nos proporcionan la realidad acústica del espacio circundante, tanto más pequeño cuanto más próximas tengan edificaciones o algún otro apantallamiento». Por otro lado, es imposible disponer de un número suficiente de puntos de medida, como para caracterizar a toda la ciudad. Por este motivo, este mismo autor sugiere completar los mapas acústicos con las *redes de control*, cuyo objetivo sería ampliar y ajustar los valores del espacio medido. El sistema consiste «en una serie de vehículos, dotados de instrumentación acústica y sistemas de localización geográfica, que siguiendo recorridos especialmente establecidos a lo largo de la ciudad, realizan mediciones acústicas del ambiente exterior durante un tiempo predeterminado», Plácido Perera (2002: 177).

Aunque los mapas del ruido se van generalizando poco a poco en las ciudades más voluminosas, y es previsible que sea una práctica obligatoria en las ciudades medianas y pequeñas en los próximos años, como pretende la normativa comunitaria, se trata de una obligación que se acaba de implantar. Por eso resulta curioso, y por supuesto muy extraño, que se aventuren cifras de contaminación acústica para ciudades o para países, cuando no hay detrás una medición precisa y rigurosa que lo justifique y lo avale. ¿Qué sentido tiene decir que España es uno de los países más ruidosos del mundo cuando no existen datos fiables que permitan hacer una estimación de los niveles de contaminación acústica que existen en nuestro país? o ¿meter a Madrid entre las ciudades más ruidosas del mundo, cuando no existen mapas acústicos contrastados y validados que permitan comparar la contaminación de Madrid con la de otras ciudades españolas o europeas? Dar datos de esta naturaleza puede ser muy periodístico e impactante para la opinión pública, pero resulta poco científico, y sin ninguna utilidad para la planificación urbanística. Como ha señalado Santiago Páez, S. J. (1992), la adopción del L_{eq} como índi-

ce de valoración es relativamente reciente y no existe un número suficiente de medidas para poder conocer con una cierta precisión la contaminación ambiental. «Los datos que se conocen no responden a estudios sistemáticos de niveles, las mediciones no se han llevado a cabo a intervalos regulares de tiempo y no cubren todo el territorio de los países que las han llevado a cabo» (ibídem, pág. 12). No queremos salir en defensa de nuestro país ni de la ciudad de Madrid, pero sí queremos poner un poco de racionalidad y de buen criterio en un tema que puede desenfocarse, bien por parte de los políticos que pretenden legitimar la realidad, aunque se aleje de la norma, bien por parte de los ciudadanos que pedimos y exigimos medidas, pero para que se las impongan a otros.

Una variante del mapa del ruido es el denominado *mapa de ruido estratégico* que consiste en someter a medición una zona determinada, para evaluar de forma global la situación de la zona y tomar medidas al respecto.

El objetivo de los mapas de ruido es el conocimiento del problema, para mejorar la planificación. Aquí entran en función estos conceptos: *plan de acción para una aglomeración*, se trata de planificar una actuación para reducir el ruido en donde se concentra mucha gente; *plan de acción para grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y grandes aeropuertos*, si lo que se pretende es actuar sobre el entorno de estos corredores. Un concepto mucho más complejo es el de *planificación acústica*, que incluye la ordenación territorial, la ingeniería de los sistemas de gestión del tráfico, la ordenación de la circulación, la reducción del ruido con medidas de aislamiento acústico y la lucha contra el ruido en su origen.

2.5. El sonido como molestia y sus posibilidades de medición

Dado el carácter ambivalente del ruido, la pregunta que surge es ¿cuándo un sonido se convierte en ruido? ¿por qué determinados sonidos son percibidos por la gente como ruido? No existe una respuesta única ni sencilla a esta cuestión, pues depende de diversos factores subjetivos y sociales, pero «en general, el sonido es ruido cuando sus componentes físicos perturban la relación entre el hombre y su vecino, y entre el hombre y su medio. O cuando

la energía acústica causa tensión indebida y un daño fisiológico real. En términos tradicionales, el sonido puede ser clasificado como ruido cuando daña el mecanismo auditivo, cuando causa en el cuerpo otros efectos que son dañinos para la salud y la seguridad, quita el sueño y no deja descansar, interrumpe la conversación u otras formas de comunicación, cuando molesta e irrita» (Baron, 1970: 49). El sonido pasa a convertirse en ruido en la medida en que es percibido como una sensación auditiva indeseada o molesta, y cuando impide o dificulta que se oigan los sonidos que en particular se desean oír.

La percepción de ciertos sonidos como ruido implica la presencia de dos dimensiones inseparables del fenómeno, supone la existencia de un fundamento físico (el sonido) y, al mismo tiempo, de una consideración o evaluación humana de carácter negativo respecto al mismo. Por el lado de las propiedades físicas de la fuente, la evaluación del sonido como ruido depende del tipo y cantidad de sonido y, por el lado del receptor, del tiempo de exposición al mismo, de la actividad específica que esté realizando y de factores individuales y socioculturales que intervienen en la valoración subjetiva del ruido como desagradable o molesto. Por ello, ante un mismo nivel de sonido, aparecen muy diversas respuestas de molestia y una gran variabilidad de efectos psicológicos y fisiológicos no auditivos, pues la valoración subjetiva del sonido es una variable fundamental de la respuesta que induce.

Aquí radica una de las grandes dificultades del ruido, la capacidad para medir el grado de molestia. Ruiz Pérez (2002: 62) ha indicado que existen varios factores que hacen que el ruido sea molesto, unos de carácter psicológico o personal y otros de carácter físico. Si entre los primeros se incluye la hora del día en que se produce el suceso, la actividad que está realizando el receptor, la relación entre el receptor y el productor del ruido, el nivel de temor que el ruido produce, el sentido de la inevitabilidad y la situación temporal de la fuente; entre las características físicas habría que incluir el nivel sonoro, la frecuencia del sonido, su duración, la periodicidad y su predictibilidad, la naturaleza tonal y la naturaleza impulsiva. Obviamente, en este enfoque predomina lo físico sobre lo psíquico y, como ha señalado López Barrio (1997: 26), el determinante de la molestia sería la intensidad sonora, «entendiéndose la reacción subjetiva ante el ambiente sonoro como una respuesta simple, sin que medie ningún tipo de procesamiento subjetivo».

Los estudios más recientes insisten en la complejidad de la respuesta subjetiva, en la que habría que incluir no solamente los aspectos psíquicos, sino también los perceptivos. Este tercer factor, el perceptivo, lejos de la preocupación de los estudios técnicos y psicofísicos por identificar las características físicas del sonido como los atributos más relevantes, centra su atención en los procesos psicológicos de interpretación y atribución de significados, especialmente sociales y culturales, en relación a las preferencias sonoras. Dicho de otro modo, como ha señalado Amphoux (1991), la valoración del sonido depende no tanto de lo que el sonido es en sí —características físicas objetivas—, sino de lo que dicho ambiente representa para cada uno y del significado que le otorga el sujeto. Es decir, a las características o rasgos objetivos se superpone la percepción del oyente, las variables subjetivas.

Todo esto está muy bien y, por supuesto, son puntos de vista que hay que tener en cuenta, pero ¿cómo incluir y sintetizar todos estos aspectos, que son importantes y válidos, en un índice que, por un lado, objective lo que realmente está pasando en el medio ambiente sonoro y, por otro, considere, también, las reacciones de los sujetos ante los estímulos que proceden del exterior? Dicho de otro modo, ¿cuándo el sonido exterior es simplemente una señal que identifica lo que está sucediendo a nuestro alrededor, o se trata de una agresión que nos provoca y nos molesta?

Se ha demostrado que la percepción auditiva del órgano humano puede ser muy diferente, aunque el espectro en frecuencia y en valor medio en dB sea muy parecido. Un ejemplo que se suele poner es el del paso de las aeronaves, cuyos efectos sobre el oído humano y la dosis de molestia que ocasionan, es muy diferente si se conoce la periodicidad y predictibilidad, que si se desconoce. Aunque estas variantes se han tenido en cuenta en algunos casos, resulta muy problemática su generalización, puesto que cada fuente de ruido tiene su naturaleza temporal. Obviamente es muy distinta la distribución del tráfico rodado, que se ajusta más o menos a una campana de Gauss, que la del tráfico del ferrocarril, que tiene un carácter más bien bimodal, ruidosa mientras pasa el convoy, pero tranquila el resto del tiempo.

Desde una perspectiva más sociológica, se han hecho intentos de asociar los diferentes niveles de molestia que ocasiona el ruido, con las expre-

siones que mejor lo definen. Un grupo de investigadores españoles (Amancio García y otros: 1999), han querido medir el lenguaje para delimitar las diferentes molestias que ocasiona el ruido y han llegado a la conclusión siguiente: la escala para medir los diferentes grados de molestia, en una escala de cinco puntos de menor a mayor molestia, sería la siguiente:

absolutamente nada; ligeramente; medianamente; muy y extremadamente

Esta escala parece haber quedado validada con estudios que se han hecho en otros países, lo que avala su inclusión en cuestionarios que se utilicen en el futuro en la realización de encuestas destinadas a valorar los efectos del ruido ambiental sobre las personas (cualquiera que sea el resto de sus contenidos). Este tipo de trabajos no sólo facilitará la comparación entre los resultados obtenidos en tales trabajos, sino que, además, permitirá realizar análisis normalizados de la información proporcionada por las correspondientes respuestas (Amancio García, 1999: 7).