

## La campana del abad Samsón de Córdoba (s. X): un vestigio único del paisaje sonoro de la cristiandad latina altomedieval

José Benjamín González Gomis

Universidad de Valladolid (España) ✉ 

Samuel Quintana Gómez

Escuela Politécnica de Cuenca – Universidad de Castilla La Mancha ✉ 

<https://dx.doi.org/10.5209/dmae.89160>

Recibido: 10 de junio de 2023 / Aceptado: 21 de noviembre de 2023 / Publicado: 10 de abril de 2024

**Resumen:** Con el fin de conocer el comportamiento sónico de la campana del abad Samsón (s. X), se ha establecido una metodología que aúna presupuestos teóricos y cuantitativos propios de las ciencias sociales y físicas. Se ha realizado a partir de una conjunción multidisciplinar basada principalmente en la arqueología de los sentidos, la arqueo-musicología y la teoría acústica y vibracional. La contextualización cultural de la campana ha permitido constatar la singularidad de la pieza y su valor como caso único en el entorno europeo anterior al año 1000. Una sesión de medición acústica en el Museo Arqueológico de Córdoba ha permitido aproximarse a la sonoridad actual de la campana. La señal de audio obtenida ha sido sometida a diversos procesos de los que se han extraído datos valiosos para su caracterización sónica. El análisis acústico ha permitido constatar el elevado brillo, rugosidad, inarmonicidad y frecuencia fundamental del sonido, caracterizado por su intensidad en una franja frecuencial de 3000 Hz a 5000 Hz. Sus características tímbricas la alejan de los valores habituales en las campanas de iglesia posteriores, a partir del s. XVIII y que han configurado el imaginario sónico de las campanas. **Palabras clave:** sonido; arqueología de los sentidos; patrimonio cultural inmaterial; arqueo-musicología; Hispania altomedieval; mozárabes.

### ENG The bell of Abbot Samson of Cordoba (10th century): a unique vestige of the soundscape of early medieval Latin Christianity

**Abstract:** In order to understand the sonic behaviour of the Abbot Samson's bell (10th century), a methodology has been established that combines theoretical and quantitative assumptions from the social and physical sciences. It has been carried out using a multidisciplinary combination based mainly on the archaeology of the senses, archaeo-musicology, and acoustic and vibrational theory. The cultural contextualisation of the bell has made it possible to confirm the uniqueness of the piece and its value as a unique case in the European environment prior to the year 1000. An acoustic measurement session in the Archaeological Museum of Cordoba has made it possible to approximate the current sonority of the bell. The audio signal obtained was subjected to various processes from which valuable data were extracted for its sonic characterisation. The acoustic analysis revealed the high brightness, roughness, inharmonicity and fundamental frequency of the sound, characterised by its intensity in a frequency range between 3000 Hz and 5000 Hz. Its timbral characteristics are far removed from the usual values of later church bells, from the 18th century onwards, which have shaped the sonic imaginary of bells.

**Keywords:** sound; archaeology of the senses; intangible cultural heritage; archaeo-musicology; early medieval Hispania; Mozarabs.

**Sumario:** 1. Introducción. 2. Planteamientos, objetivos y metodología. 3. El paisaje sonoro cristiano en los estudios sónicos. 4. Vestigios arqueológicos de las campanas en la actual Europa (ss. VIII-XI). 4.1. Los países del entorno cristiano occidental. 4.2. España. 5. La campana del abad Samsón. 6. El estudio sónico de las campanas. 6.1. Hacia una arqueología del sonido de las campanas. 6.2. La sesión de medición. 6.3. Análisis espectral y visualización de sus propiedades sonoras. 7. Conclusiones. 8. Fuentes y referencias bibliográficas.

**Cómo citar:** González Gomis, J. B.; Quintana Gómez, S. (2024). La campana del abad Samsón de Córdoba (s. X): un vestigio único del paisaje sonoro de la cristiandad latina altomedieval. *De Medio Aevo* 13/1, 101-122. DOI: <https://dx.doi.org/10.5209/dmae.89160>

## 1. Introducción

En 2003 se dio un paso importante para el estudio del patrimonio sónico mundial<sup>1</sup>: la UNESCO firmó la *Convención para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial*. Esta propuesta pretende preservar, respetar, sensibilizar y cooperar en torno al patrimonio no tangible de todas las comunidades culturales. En su definición se pone de manifiesto qué se entiende por patrimonio cultural inmaterial, quedando patente la importancia de “los usos, representaciones, expresiones, conocimiento y técnicas -junto con los instrumentos, objetos, artefactos y espacios culturales que les son inherentes”<sup>2</sup>.

Esta directriz cultural, junto con nuevos postulados teóricos que abogan por una arqueología de los sentidos<sup>3</sup>, ha propiciado un acercamiento más concienciado a aspectos culturales que habían pasado un tanto inadvertidos. Uno de ellos es la acústica de los lugares históricos, en los que su comportamiento frente a la estimulación sonora es fruto de una cultura, unas condiciones, usos y expresiones artísticas propias. La unión de la arqueo-acústica y el desarrollo de los paisajes sonoros y su visión musicológica, ha permitido una aproximación global a los hechos sonoros del pasado y su percepción. Es dentro de este marco teórico donde se puede ubicar esta investigación propia de la arqueo-musicología, rama de la musicología que estudia los instrumentos susceptibles de uso sonoro del pasado. La campana del abad Samsón es un ejemplar único y de gran valor dentro de la arqueo-musicología española y europea, por su datación y circunstancias culturales de creación.

## 2. Planteamientos, objetivos y metodología

El punto de partida es la aproximación sónica a la campana del abad Samsón desde una comprensión global que integra puntos de vista tanto de las ciencias físicas como de las humanas, al entender que esta pieza arqueológica es fruto de unas circunstancias socioculturales, religiosas y sonoras propias, y que se interrelaciona con el mundo circundante a través del sonido.

El objetivo principal de la investigación es caracterizar sónica y culturalmente una pieza arqueológica de máxima importancia para el paisaje sonoro de la Hispania altomedieval. Los objetivos parciales, que han llevado a la culminación del principal, han conducido la investigación hacia comprender el comportamiento acústico de la campana, desentrañar sus características tímbricas y entender la significancia de la campana del abad Samsón tanto en el contexto hispano como en el europeo.

Ante su idiosincrasia se ha optado por una metodología mixta que aglutina métodos de las ciencias sociales y procedimientos de medida y análisis de datos propios de la física acústica. En primer lugar, se ha construido un marco teórico que atiende a las nuevas corrientes de la investigación arqueológica, como la que se ocupa de los sentidos en la Antigüedad, así como de las nuevas sensibilidades aurales que se aproximan a la acústica y las prácticas sonoras desde su comprensión como patrimonio inmaterial. En segundo lugar, se ha documentado y estudiado la campana como una pieza singular y enriquecedora para entender la práctica sonora en el contexto religioso hispano. Para ello se han aplicado técnicas historiográficas vinculadas a la arqueo-musicología y al paisaje sonoro. Por último, se ha realizado una tercera fase de carácter empírico mediante grabación del sonido de la campana y su posterior análisis computarizado que permite una visualización objetiva y reproducible de las características sonoras de la pieza.

## 3. El paisaje sonoro cristiano en los estudios sónicos

Aunque el término de paisaje sonoro fue acuñado por Southworth<sup>4</sup>, su consolidación teórica y conceptual corrió a cargo fundamentalmente de Murray Schafer<sup>5</sup> y, en menor medida, Barry Truax<sup>6</sup>. Nació como una rama independiente de estudios, pero los paradigmas actuales de investigación deben llevar a integrarla en los conocidos como *Sound studies*<sup>6</sup>, que podríamos traducir como estudios sónicos.

Una rama importante de los estudios sónicos, que está desarrollándose cada vez de una forma más amplia, es la de los paisajes sonoros antiguos. Éstos pretenden realizar una investigación que permita el diálogo entre distintas fuentes documentales para recuperar los hechos sonoros del pasado, en un ejercicio investigador concomitante con la arqueología<sup>7</sup>. A esto contribuyen también dos subdisciplinas de la musicología y la acústica, la arqueomusicología y la arqueo-acústica. La primera se centra en los objetos con posible uso musical localizados en los yacimientos arqueológicos, así como en las teorías y contextos socioculturales que pudieron justificar su uso y presencia en la excavación<sup>8</sup>. Por su parte, la arqueo-acústica se

<sup>1</sup> En este estudio, siguiendo a la RAE, se emplea el término sónico para referirse a todo aquello que es perteneciente o relativo al sonido y participan en el proceso oralidad-auralidad. Dejando la denominación de sonoro únicamente para aquellos elementos que verdaderamente producen sonido o lo pueden producir.

<sup>2</sup> “Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial”, Unesco, 2003. Consultado el 30 de mayo de 2023. <https://ich.unesco.org/es/convención>.

<sup>3</sup> Shane Butler y Sarah Nooter (eds), *Sound and the Ancient Senses* (Londres: Routledge, 2018); Robin Skeates y Jo Day, *The Routledge Handbook of Sensory Archaeology* (Londres: Routledge, 2019).

<sup>4</sup> Michael Frank Southworth, *The Sonic environment of cities* (Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1967).

<sup>5</sup> Raymond Murray Schafer, *The new soundscape. A Handbook for the Modern Music Teacher* (Toronto: Berandol Music Limited, 1969); Raymond Murray Schafer, *The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world* (Rochester, Destiny Books, 1977). <sup>6</sup> Barry Truax, *Acoustic Communication* (Burnaby: Simon Fraser University, 1984).

<sup>6</sup> Jonathan Sterne, *The Sound Studies Reader* (Abingdon-on-Thames: Routledge, 2012).

<sup>7</sup> Nira Pancer, “Le silencement du monde : Paysages sonores au haut Moyen Âge et nouvelle culture aurale”, *Annales. Histoire, Sciences Sociales* 72, no. 3 (2017), 659-699, <https://doi.org/10.1017/S0395264918000033>.

<sup>8</sup> Arndt Adjé Both, “Music Archaeology: Some Methodological and Theoretical Considerations”, *Yearbook for Traditional Music* 41 (2009), 1-11, <https://doi.org/10.1017/S0740155800004100>; Carlos García Benito y Raquel Jiménez Pasalodos, “La música enterrada : Historiografía y

dedica a explorar el comportamiento del sonido en recintos pretéritos, bien donde todavía existen los volúmenes originales o bien a través de la reconstrucción virtual de los mismos y de los materiales que los recubrían<sup>9</sup>.

La visión global del paisaje sonoro histórico de los ss. VI-XI debe verse de forma obligada como precario y fragmentario. Inevitablemente todo intento de acercarse a él ha de ser limitado y sesgado, dado que la conservación de fuentes documentales es parcial y atienden principalmente a contextos religioso o monárquicos, vinculados a centros de poder. Recientemente, desde ámbitos académicos, se han realizado aproximaciones de los paisajes sonoros medievales, especialmente orientados a la baja Edad Media, cuando los burgos se desarrollan y se conservan más fuentes escritas que aportan datos al respecto<sup>10</sup>. Pese al silencio que parece invadir esos siglos, sabemos que fue precisamente en esa época cuando se introdujeron en nuestra cultura aural algunos de los sonidos que más han caracterizado el paisaje sonoro de España y algunos países del entorno cultural y religioso. Este es el caso de las campanas, que fueron sin duda uno de los sonidos más presentes y dominantes en el paisaje sonoro medieval, por su importancia cultural y por su potencia sónica. Otro caso similar es el del martillo percutiendo la forja, que según las estimaciones más fiables podía llegar a alcanzar 100 dB, siendo uno de los sonidos más fuertes provocados por el hombre hasta la llegada de la revolución industrial<sup>11</sup>. La historia de las campanas no puede realizarse en singular, dado que existen desde hace siglos e incluso milenios en varias partes del mundo, especialmente en Europa y en Asia. En la actualidad los ejemplares conocidos más antiguos proceden

de China, anteriores al periodo Chou, pero también está documentado su uso en la India y en otras partes de del sudeste asiático, también de predominio hinduista como budista<sup>12</sup>. En los países europeos se emplearon con diversas funcionalidades, especialmente dentro de contextos religiosos (para marcar los servicios religiosos y estructurar el tiempo), pero también pasaron al ámbito civil donde fueron durante siglos las principales responsables de marcar el paso del tiempo para las comunidades. La etnomusicología, vertiente de la musicología, ha podido documentar de esta forma el gran peso que han ejercido históricamente las campanas en el paisaje sonoro de muchas comunidades. De esta forma, las campanas son un recurso fundamental para generar sacralidad sonora en numerosas religiones, pero también han desarrollado una vertiente laica que a través de la apropiación cultural de su sonido ha permitido regular algunas ocupaciones de las ciudades y villas en siglos pasados. Han servido tanto para señales diarias (apertura y cierre de puertas, por ejemplo), como para avisos ocasionales de alarma (incendios, etc.).

Las fuentes atestiguan que existieron dos modalidades principales de campanas, las más grandes destinadas a su instalación en torres y puestos elevados de las iglesias y las más pequeñas, de mano, para uso individual y transportable. Sobre ambas tipologías se pronunció en la época el polígrafo Walfredo Estrabón: "Los grandes vasos que son las campanas se llaman así por la Campania que es una provincia de Italia. Las campanas más pequeñas se llaman *nolas* por Nola, ciudad de Campania donde esos vasos fueron producidos en primer lugar"<sup>13</sup>. La campana que nos ocupa, la cordobesa del abad Samsón es un ejemplo de este segundo tipo, en cambio, la Laurentina de León, pertenece al primero. Algunos autores consideran que el paso del tipo de instrumento pequeño, de mano, a otro más large concebido para ubicarse en lo alto de los edificios se produjo en los monasterios. Precisamente fue la rutina monacal, con su marcada rutina, la que empezó a requerir un nuevo uso de las campanas, propiciando su aumento y un cambio en sociológico. Pasó de ser un objeto de uso personal a convertirse en una gran inversión de la comunidad religiosa, que reforzaba su componente corporativo<sup>17</sup>.

Metodología de la Arqueología Musical", *Cuadernos de Etnomusicología* 1, 80-108; María Dolores Navarro de la Coba, *Instrumentos musicales encontrados en excavaciones arqueológicas pertenecientes a los siglos IX-XV en el territorio andaluz* (Granada: Universidad de Granada, 2020), <http://hdl.handle.net/10481/62888>.

<sup>9</sup> Francesco Aletta y Jian Kang, *Historical Acoustics. Relationships between People and Sound over Time* (Basilea, MDPI, 2020); Pamela Jordan, "Sound Experience in Archaeology and Field Investigations: An Approach to Mapping Past Activities through Sound and Mount Lykaion's Sanctuary of Zeus", *Kleos. Amsterdam Bulletin of Ancient Studies and Archaeology* 3, 9-30; Jean-Christophe Valière, Estèle Dupuy y Bénédicte Bertholon, "From methodology to archeoacoustics in the time of scripture: Complex dialogue between archaeological evidence, texts from scholars and written mentions", en *Proceedings of the International Congress on Acoustics*, 288-294, <https://doi.org/10.18154/RWTH-CONV239649>.

<sup>10</sup> Frédéric Billiet, "Entendre les paysages sonores du Moyen Âge et de la Renaissance : L'approche musicologique", en *Les paysages sonores : Du Moyen Âge à la Renaissance*, ed. Laurent Hablot y Laurent Viissière, 19-41, (Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2016), <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/books.pur.47104>; Jean-Marie Fritz, *Paysages sonores du Moyen Âge. Le versant épistémologique* (Paris : Honoré Champion, 2001); Jean-Marie Fritz, *La cloche et la lyre. Pour une poétique médiévale du paysage sonore*. (Ginebra : Droz, 2011); Jean-Pierre Gutton, *Bruits et sons dans notre histoire : essais sur la reconstitution du paysage sonore* (Paris : Presses Universitaires de France, 2000); Gerardo Rodríguez, Eric Palazzo y Gisela Coronado Schwindt, *Paisajes Sonoros Medievales* (Mar del Plata : Universidad Nacional de Mar del Plata, 2019).

<sup>11</sup> Murray Schafer, "The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world", 58.

<sup>12</sup> Percival Price, *Bells and Man* (Oxford: Oxford University Press, 1983), 21-49

<sup>13</sup> Traducción propia al español a partir de la traducción francesa de Gonon, quien cita mal la procedencia de la referencia, no es el volumen 104 de la *Patrologia Latina* de Migne sino el 114. "Les grands vases que sont les cloches sont appelés campanes ainsi par la Campanie qui est une province d'Italie. Les plus petites cloches sont appelées nola d'après Nole, cité de Campanie où ces vases ont été produits en premier". Gonon, "Les cloches en France au Moyen Âge", 101. A su vez traducción del texto original en latín: "Unde et a Campania, quae est Italiae provincia, eadem vasa majora quidem campanae dicuntur: minora vero, quae et a sono tinnabula vocantur, *nolas* appellant, a Nola ejusdem civitate Campaniae, ubi eadem vasa primo sunt commentata". Walfredo Estrabón, "De ecclesiasticarum rerum exordiis et incrementis", en *Patrologiae Cursus Completus. Series Latina. Vol. 114*, ed. Jacques Paul Migne, (París: Garnier Fratres, 1879), § 5, col. 924. <sup>17</sup> Price, *Bells and Man*, 86.

## 4. Vestigios arqueológicos de las campanas en Europa (ss. VIII-XI)

En la actualidad existe una falta de concordancia entre las fuentes escritas y los hallazgos arqueológicos, que acreditan la existencia de campanas procedentes de época medieval. Los testimonios escritos son muy abundantes, pero los ejemplares conservados apenas pueden atestiguarlo. Lo costoso y caro de su reparación probablemente llevó a refundir las campanas una vez su uso continuado las había convertido en irreparables, alargando así la vida útil de los materiales, pero no la de los objetos.

### 4.1. Los países del entorno cristiano occidental

Francia es uno de los países que más atención ha dedicado al aspecto arqueo-musicológico de las campanas altomedievales, especialmente a través de la tesis de Gonon<sup>14</sup>, que, monumental por su tamaño y documentación contenida, ofrece algunas dudas en cuanto a la interpretación de sus piezas más antiguas. Entre los ejemplares que atribuye a época altomedieval, únicamente el hallado en la abadía de Saint-Benoît-sur-Loire puede incluirse en este marco temporal con certeza. La campana fue descubierta bajo un suelo de la iglesia datado en el s. X, y, por tanto, el *signum* debió ser anterior. A partir de aquí, todo son suposiciones. Gonon, por su forma, considera que pertenece al s. VIII, sin que esto sea concluyente, y finalmente opta por catalogarla en el año 700<sup>15</sup>. Un salto de más de doscientos años entre el único elemento datado (s. X) y la fecha propuesta para la campana que no puede sustentarse en la evidencia arqueológica. Además, debe tenerse en consideración que, en 1957, la campana fue sometida a una operación de rearme con resinas, limitando su consistencia como documento<sup>20</sup>. Otras campanas, como las de Santa María de La Villegie o San Guillermo de Combret tampoco pueden sostener la pretendida datación altomedieval de Gonon, de hecho, la segunda de ellas está actualmente catalogada como una campana anepigráfica, probablemente forjada en hierro en torno a los ss. XI o XII, muy distante del año 700 atribuido por Gonon<sup>16</sup>. Otras dos campanas francesas son las de Géhée (c. 900) y Le Puy-en-Velay (c. 1000), a las que Gonon ha atribuido estas fechas siguiendo un criterio exclusivamente formal. Sobre la primera no aporta ninguna información que permita sustentar esta datación. En cuanto a la segunda, Galland propone una fecha dentro de las primeras décadas del s. XII, por su forma alargada y decoración floral propia del románico<sup>17</sup>. Gonon no aporta nuevos datos para sostener la contradicción con Galland, por lo que nos alineamos con este autor en la datación más tardía de la pieza.

En Italia se han localizado algunos vestigios materiales que podrían ser altomedievales, tanto propios de las campanas como de sus procesos de fundición<sup>23</sup>. Destaca, por su estado de conservación y su exposición en los Museos Vaticanos, la descubierta en Canino (Viterbo), ejemplar en bronce de un tamaño mediano y forma ovoide que podrían datarse en una primera época de fundición de campanas en el contexto mediterráneo. De Rossi (1887)<sup>18</sup> y Rohault de Fleury (1888)<sup>19</sup> fueron los primeros en hablar de ella, datándola en torno al s. VIII como fecha más temprana. Esta fecha ha sido la predominante en la historiografía, no obstante, la ficha sobre la pieza en el inventario de los Museos Vaticanos indica una horquilla temporal más amplia (ss. VIII y XII)<sup>20</sup>. La ampliación en la datación se debe a un artículo de Piazza donde pone en duda la adscripción tradicional y opta por retrasarla hasta el s. XII<sup>21</sup>. Piazza cuestiona acertadamente los argumentos paleográficos y tipológicos empleados previamente para su datación. Con esto queda patente las abundantes dudas que existen todavía hoy en cuanto a los procesos constructivos de las campanas en la Edad Media y las dificultades para ofrecer una cronología coherente y que aporte certezas.

En el área germánica se han localizado algunos vestigios que remiten a la fundición y forja de campanas. Se considera que la campana más antigua de esta zona es la descubierta en el puerto de Haithabu, durante una expedición arqueológica llevada a cabo en 1978. Se ha estimado su fecha de fundición en torno al año 950, aunque no existe ningún dato concreto al respecto, dado que no presenta ninguna inscripción<sup>22</sup>. Esta datación se ha realizado partiendo de una comparación con el ejemplar de Canino, pero ya se ha visto que no es confiable y se ha tenido que retrasar la fecha de fundición de la pieza italiana. La primera campana centroeuropea que se ha podido datar con relativa exactitud es Lullus, procedente de Bad Hersfeld, con una inscripción donde figura el nombre de Meginharius, que fue abad en la región entre 1036 y 1059, creyéndose que pudo forjarse en torno a 1040.

Por último, en las Islas Británicas, en concreto en el área irlandesa, se tiene constancia de lo extendidas que estuvieron las campanas durante la época altomedieval. Principalmente fueron campanas de mano y campanillas de reducidas dimensiones (fig. 1) empleadas en contextos religiosos donde monjes y predicadores ejercían su actividad<sup>23</sup>. Al parecer, los misioneros irlandeses adoptaron este instrumento,

<sup>14</sup> Thierry Gonon, "Les cloches en France au Moyen Âge: étude archéologique et approche historique" (tesis doctoral, Université Lumière-Lyon II, 2002), [http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2002/gonon\\_t#p=0&a=top](http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2002/gonon_t#p=0&a=top).

<sup>15</sup> Gonon, "Les cloches en France au Moyen Âge", 784. <sup>20</sup> Gonon, "Les cloches en France au Moyen Âge", 73.

<sup>16</sup> Gonon, "Les cloches en France au Moyen Âge", 916.

<sup>17</sup> Bernard Galland, "La cloche romane à décor de rinceaux de l'Hôtel-Dieu du Puy-en-Velay", *Cahiers de la Haute-Loire* 19 (2000): 117-150, <https://www.musee.patrimoine.lepuyvenelay.fr/musee-crozatier/les-collections/les-oeuvres/moyen-age-et-renaissance/cloche-hotel-dieu/>. <sup>23</sup> Elisabetta Neri, *De campanis fundendis* (Milán: Vita e Pensiero, 2006).

<sup>18</sup> Giovanni Battista de Rossi, "Campana con epigrafe dedicata del secolo incirca ottavo o nono trovata presso Canino", *Bulletino di Archeologia Cristiana* 4, no. 5 (1887): 82-89.

<sup>19</sup> Charles Rohault de Fleury, *La messe. Études archéologiques sur ses monuments. Vol. VI* (Paris: Librairie des Imprimeries Réunies, 1888).

<sup>20</sup> "Campana 'de Canino'", *Musei Vaticani*. Consultado el 24 de mayo de 2023, <https://www.museivaticani.va/content/museivaticani/es/collezioni/musei/museo-pio-cristiano/mosaicidi-ciriaca/campana-di-canino.html>.

<sup>21</sup> Simone Piazza, "La campana di Canino al Museo Pio Cristiano. Cronologia, modalità tecnico-esecutive, provenienza, attribuzioni", *Studi romani* 53, nos. 3-4 (2004), 426-37.

<sup>22</sup> *Das Reich der Salier. 1024-1125* (Sigmaringa: Jan Thorbeck Verlag, 1992), 405.

<sup>23</sup> Cormac Bourke, *The Early Medieval Hand-Bells of Ireland and Britain* (Dublín, Wordwell-National Museum of Ireland, 2020).

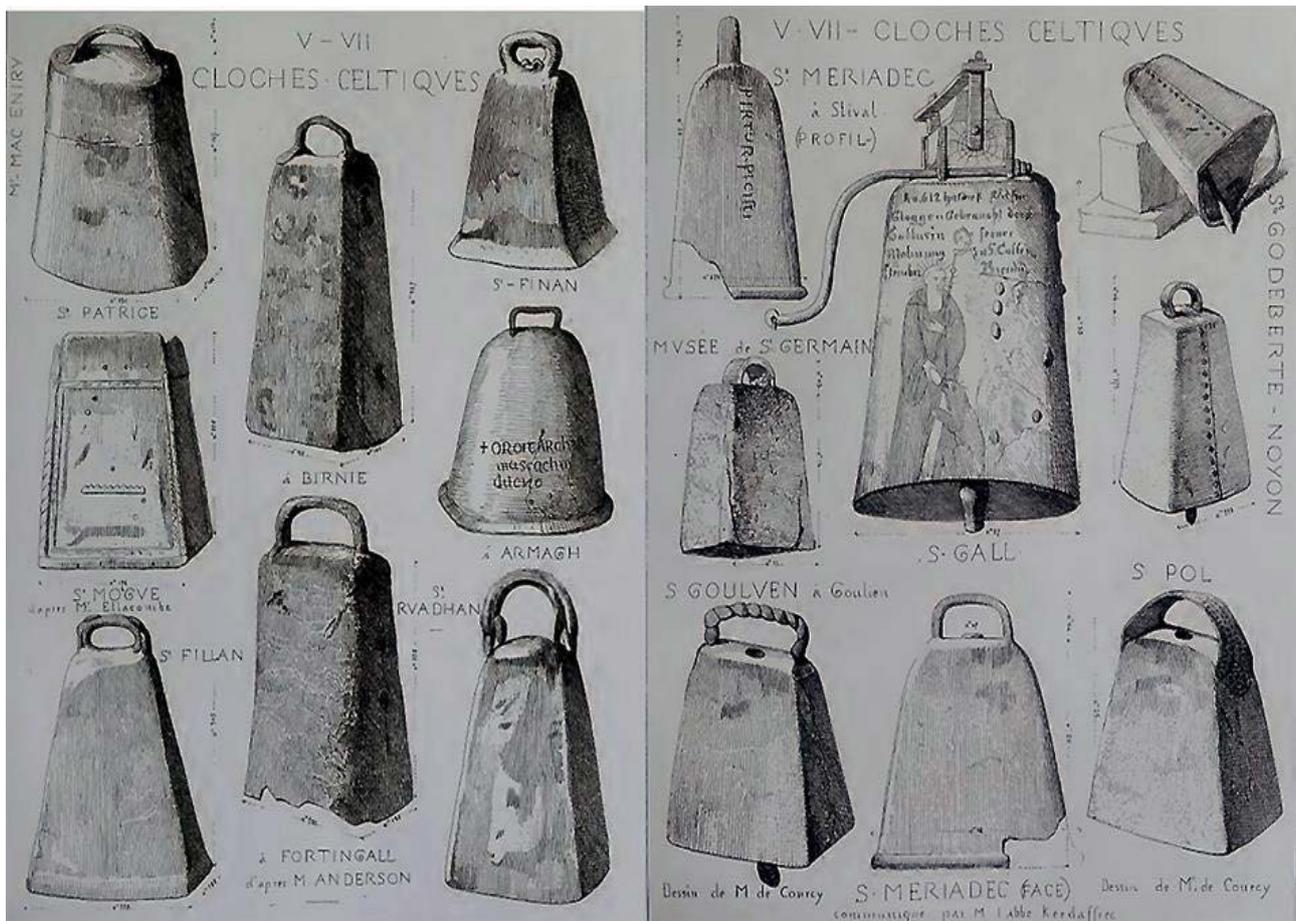


Fig. 1. Campanas irlandesas reproducidas por Rohault de Fleury.

de origen rural y ganadero, para convertirlo en su seña de identidad dentro del paisaje sonoro en el que realizaron su predicación. Ya en el s. XIX se pudo documentar ampliamente esta práctica altomedieval, como atestiguan las láminas publicadas por Rohault de Fleury<sup>24</sup>.

#### 4.2. España

Datadas en época altomedieval se conservan en España tres campanas, y otra que está en el límite temporal. Las tres primeras son, la de Morón de la Frontera, la del Abad Samsón y la campana mozárabe de Huelva. La que se encuentra en el límite temporal de este periodo, es la conocida como campana Laurentina, o de San Lorenzo. Puede resultar sorprendente el hecho de que tres de las cuatro procedan de territorios ubicados al sur de la cordillera Bética. No existe una explicación plenamente documentada y satisfactoria al respecto, pero es posible que las prohibiciones legisladas por el poder musulmán sobre el tañido de las campanas pudieran llevar a estas a ser enterradas o escondidas para evitar su destrucción. A diferencia de las campanas de los territorios cristianos, que tuvieron un uso intenso y requirieron de refundiciones que destruyeron la campana original, y a la postre, permitió la conservación de los ejemplares aquí estudiados.

Atendiendo a la datación oficial, la más antigua sería la de Morón de la Frontera, dado que podría corresponder a una basílica visigoda elevada en la

actual Morón de la Frontera. Sin embargo, esta hipótesis, presentada sin un verdadero estudio en profundidad del hallazgo arqueológico, presenta muchas dudas. La primera vez que se puso en conocimiento de los interesados fue a través de una ficha catalográfica preparada por Llop, donde recibió el título de "campana de basílica visigoda"<sup>25</sup>. No obstante, este mismo autor muestra dudas sobre esta adscripción, y establece un posible paralelismo con una campana de León, que no llega a precisar, pero creemos que se refiere a la Laurentina, por lo que vaticina una posible fecha entre 1050 y 1100<sup>26</sup>. El principal defensor de la datación visigoda es el arqueólogo Vera Reina, quien en una excavación dirigida por Fernández Ruiz exploró los terrenos de la Huerta de San Miguel, junto al castillo de Morón de la Frontera, y donde se conocen los vestigios de una iglesia de planta basilical. Pese a no localizar él mismo la pieza, se basa en una entrada del libro de registro del Museo Arqueológico Provincial de Sevilla para afirmar que no existe dudas sobre la procedencia de la campana, que atribuye a esta iglesia<sup>27</sup>. Se trata de una campana de unos 30 cm de diámetro y otros tanto de alto, fundida en bronce y con un peso aproximado de 16 kilos<sup>28</sup>.

<sup>25</sup> Francesc Llop i Bayo, "Campana de basílica visigoda", *Campaners* (1997), <http://campaners.com/php/campanes1.php?number=394>.

<sup>26</sup> Llop i Bayo, "Campana de basílica visigoda".

<sup>27</sup> Manuel Vera Reina, "La iglesia visigoda de Morón de la Frontera (Sevilla)", *SPAL* 8 (1999), 217-239, <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12795/spal.1999.i8.12>.

<sup>28</sup> Llop i Bayo, "Campana de basílica visigoda".

<sup>24</sup> Rohault de Fleury, *La messe*, 355, 357.

Siguiendo con la datación cronológica oficial, la segunda de las campanas peninsulares es la del abad Samsón, que detallaremos más adelante.

La tercera de las campanas que está data- da en época altomedieval es la que actualmente se conserva en el Museo de Huelva, considera- da de época mozárabe. Su hallazgo se produjo en Los Ronzones, finca del término municipal de Aljaraque, integrándose en los fondos del museo por un proceso de compra en 1973. Es una cam- pana de tamaño pequeño, con 9,625 Kg. Su material es el bronce, y tiene unas dimensiones de 31,6 x 25,8<sup>29</sup>. Atendiendo a su inscripción, su realización correspondió a Omar ben Sakaria, probablemente en una época de relativa tolerancia religiosa du- rante el reinado de al-Bakri, “señor de la taifa de Huelva y Saltés entre 1012 y 1052”<sup>30</sup>.

Por último, la cuarta campana es la denomi- nada como Laurentina, conservada en la basílica de San Isidoro de León. Pese a la relevancia de esta pieza por su localización y tamaño (para la época), el silencio que existe sobre ella re- sulta llamativo. Apenas existe nada publicado procedente del ámbito académico<sup>31</sup>, y actual- mente casi toda la información disponible pro- cede de blogs y otras entradas en línea. La úni- ca producción de literatura académica que la tiene en consideración es la yacitadatesis de Gonon,

quien se limita a decir que posee un par de agujeros que la asemejan a la campana italiana de Canino<sup>38</sup>.

Esta campana cuenta con un tamaño considera- blemente mayor que las anteriores: 57 cm de diámetro, 175 de circunferencia y en torno a los 80 kg de peso, conformada en forma de tulipán. En su parte supe- rior presenta una corona de tres anillas, de mayor ta- maño la central y algo más pequeñas las laterales. Lamentablemente, esta campana permanece muda porque “una grieta importante impide su utilización a pesar de los varios intentos de soldadura”<sup>32</sup>. El interés histórico de este ejemplar radica en su inscripción, se- mejante en este caso a la del abad Samsón:

INNME DNI OBHONOREM SCI LAVRENTI  
ARCE DCNI RVDERICVS GVNDISALBIZ HO C  
SIGNUM FIERI ISSIT INERA CXXIII P T S

[EN NOMBRE DEL SEÑOR. EN HONOR A  
SAN LORENZO EL ARCEDIANO RODRIGO  
GONZÁLEZ MANDÓ QUE SE HICIERA ESTA  
CAMPANA EN LA ERA DE 1123]<sup>33</sup>.

Gracias a esta inscripción, burilada en el bronce, sabemos que fue financiada por Rodrigo González en el 1123 de la Era Hispánica (1085 d.C.). Lo que se desconocen son los motivos que pudieron llevar a este encargo, si fue por voluntad personal al alcan- zar algún cargo o por alguna acción conmemorativa.

Tab. 1. Campanas europeas de época altomedieval.

Campana	Procedencia	Datación	Confiabilidad
Abadía de Saint-Benoît-sur-Loire	Saint-Benoît-sur-Loire (Francia)	700	Muy reducida
Santa María de La Villedieu	La Villedieu (Francia)	800	Muy reducida
San Guillermo de Combret	Combret (Francia)	700-ss. XI-XII	Muy reducida
Géhée	Géhée (Francia)	900	Muy reducida
Le Puy-en-Velay	Le Puy-en-Velay (Francia)	1000 – s. XII	Muy reducida
Canino	Canino (Viterbo, Italia)	ss. VIII-XII	Muy reducida
Haithabu	Puerto de Haithabu (Alemania)	950	Muy reducida
Lullus	Bad Hersfeld (Alemania)	c. 1040	Elevada
Basílica Visigoda de Morón	Morón de la Frontera (España)	s. VII - 1100	Muy reducida
Campana del Abad Samsón	San Sebastián del Monte (Córdoba, España)	925-955	Muy elevada
Campana Mozárabe de Huelva	Los Ronzones (Aljaraque, España)	1012-1052	Moderada
Laurentina	León (España)	1085	Muy elevada

<sup>29</sup> Juana Bedia García, José Beltrán Pizón y Miguel López Do- mínguez, “La campana mozárabe del Museo Provincial de Huelva”, *Cuadernos del Suroeste* 3 (1992), 175-182.

<sup>30</sup> “Campana Mozárabe”, *Museos de Andalucía*. Consultado el 24 de mayo de 2023, [http://www.museosdeandalucia.es/web/museodehuelva/obrassingulares?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.museosdeandalucia.es%2Fweb%2Fmus](http://www.museosdeandalucia.es/web/museodehuelva/obrassingulares?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.museosdeandalucia.es%2Fweb%2Fmus).

<sup>31</sup> Matías Díez Alonso, “Las Campanas de León”, *Tierras de León* (León, Diputación Provincial de León, 1989), 26. <sup>38</sup> Gonon, *Les cloches en France au Moyen Âge*, 73-74.

<sup>32</sup> “La Campana Laurentina”, *Cosinas de León* (2022). Consultado el 24 de mayo de 2023, <http://cosinasdeleon.com/la-campana-laurentina/>.

<sup>33</sup> Traducción sugerida en “La Campana Laurentina”, *Cosinas de León*. Por su parte, Matías Díez Alonso la traduce como “En nombre del Señor,

Para honor de San Lorenzo el arcediano Rodrigo Gundisalbo mandó que se hiciera con esta señal, en la era 1123”. Díez Alonso, “Las Campanas de León”, 29.

### 5. La campana del abad Samsón

La campana del abad Samsón (o Sansón) es un ejemplar único y singular que se conserva en los fondos del Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba. La pieza llegó procedente de la localidad cordobesa de Espiel. Fue fundida en bronce y posee unas dimensiones de 19,50 cm de altura y 19,50 cm de diámetro máximo. Los arqueólogos encargados de realizar su ficha aportan esta definición:

Es de forma semiovoidea con un elemento de sujeción (*sic*) rectangular o asa de sección acanalada, soldada en la parte superior del hemisferio. La campana presenta un reborde recto de sección redondeada (el filo vuelto hacia el exterior); todo el cuerpo, al exterior, está marcado con una serie de líneas en círculos concéntricos muy juntos, a lo largo de la pieza, hasta llegar a la parte superior, tal vez como

consecuencia del proceso de fabricación. Presenta huellas de raspaduras y toda la superficie con minúsculas muescas al exterior del martilleado, tal vez también del proceso de fabricación. En el cuadrante superior existen cuatro pequeñas perforaciones circulares, equidistantes entre sí y simétricas; dos de ellas de diámetro más pequeño coincidiendo con la zona de la soldadura del asa, un poco más abajo. En el interior presenta una argolla soldada en la parte superior para la sujeción (*sic*) del badajo. Actualmente se exhibe con un badajo de hierro, aunque es posible que no sea el original de la pieza. En su interior también presenta dos desgastes del labio, enfrentados, muy probablemente producidos por el constante movimiento del badajo al sonar la campana<sup>34</sup>.



Fig. 2. Campana del abad Samsón (© Museo Arqueológico de Córdoba).

<sup>34</sup> Achim Arbeiter, "Campana del Abad Sansón", *Ceres*. Consultado el 20 de noviembre de 2023. <https://ceres.mcu.es/pages/ResultSearch?txtSimpleSearch=Campana%3Cb%3E%20del%20Abad%20%3C/b%3ESans%F3n&simpleSearch=0&hipertextSearch=1&search=simple&MuseumsSearch=&MuseumsRolSearch=2&listaMuseos=null> <sup>42</sup> Traducción realizada por Achim Arbeiter contenida en Arbeiter, "Campana del Abad Sansón".

En su origen fue una donación de Samsón, religioso cordobés, al monasterio de San Sebastián del Monte, en la serranía cordobesa. Esto se sabe gracias a la inscripción que figura en la propia campana:

+ OFFERT HOC MVUVS SAMSON ABBATIS IN  
DOMVM STI SABASTIANI MARTIRIS XPI ERA  
DCCCLX(L?)III

[EL ABAD SAMSON OFRECE ESTE REGALO A  
LA CASA (ERMITA) DE S. SEBASTIÁN, MÁRTIR  
DE CRISTO, EN EL AÑO DE LA ERA 993]<sup>42</sup>.

Tras este documento fundacional burilado en la misma campana, nada más se conoce de la historia de la pieza hasta que, ya en el s. XVI, fue hallada en el interior de un pozo próximo a Trassierra, de donde se trasladó al monasterio de San Jerónimo gracias a la intervención de Ambrosio de Morales. Posteriormente, en el s. XIX, a resultas de la Desamortización de 1868 fue sustraída del monasterio, incautada y entregada a la Comisión de Monumentos, y de ahí finalmente pasó al Museo Arqueológico de Córdoba en 1905<sup>35</sup>.

Pese a contar con una inscripción en la que se indica su fecha de fundición, dudas y discrepancia en la lectura paleográfica han llevado a manejar

una horquilla temporal comprendida entre los años 925 y 955 de nuestro actual calendario gregoriano (La campana está datada de acuerdo con la Era Hispánica). Hübner fue el primer autor que habló de la campana cordobesa, incluyéndola en su libro *Inscriptiones Hispaniae Christianae*. En él ya expresa las dudas sobre la inscripción, aunque él opta por leer 963 de la Era Hispánica, equivalente al 925 del calendario actual<sup>36</sup>. Unos años después, Rohault de Fleury, en el mismo libro en el que menciona la campana de Canino, hace constar también la de Córdoba, de la que tuvo conocimiento gracias a Ceferino González y Díaz Tuñón, obispo de Córdoba, del que recibió un dibujo de la campana. Rechaza la fecha propuesta por Hübner y aboga por retrotraerla hasta el año 875<sup>37</sup>. Otro tanto hará Simonet, quien consideraba que fue en el año 875 cuando esta campana se ofreció como regalo de Samsón a la iglesia de San Sebastián<sup>38</sup>. El adelanto de fechas respecto al consenso general probablemente se deba a la voluntad de los autores de cuadrar las fechas con las conocidas de otro abad Sansón (¿810? – 21 de agosto de 890), escritor cordobés que gozó de gran popularidad entre la cristiandad andaluza que practicó su fe bajo el dominio islámico<sup>39</sup>.



Fig. 3. Campana del abad Samsón en manos del técnico especialista en bronce del Museo Arqueológico de Córdoba (© [los autores]).

<sup>35</sup> “Campana del abad Samsón”, *Museo Arqueológico de Córdoba*, 2018. Consultado el 24 de mayo de 2023, [https://www.museosdeandalucia.es/web/museoarqueologicodecordoba/obras-singulares/-/asset\\_publisher/GRnu6ntjtLfp/content/campanamozarabe-del-abad-samson](https://www.museosdeandalucia.es/web/museoarqueologicodecordoba/obras-singulares/-/asset_publisher/GRnu6ntjtLfp/content/campanamozarabe-del-abad-samson).

<sup>36</sup> Aemilius Hübner, *Inscriptiones Hispaniae Christianae* (Berolini: Reimerum, 1871), 73.

<sup>37</sup> Rohault de Fleury, *La messe*, 155.

<sup>38</sup> Francisco Javier Simonet, *Historia de los mozárabes de España* (Madrid: Real Academia de la Historia, 1903), 499.

<sup>39</sup> Iván Pérez Marinas, *Sansón de Córdoba: vida y pensamiento* (Madrid, La Ergástula, 2012).

Con Gómez-Moreno llegará una tercera fecha propuesta. Este autor transcribe la inscripción como año 993 de la Era Hispánica (955 d. C.)<sup>40</sup>. En la actualidad esta es la fecha que más consenso genera entre los investigadores, y la que figura en la catalogación de Ceres<sup>41</sup>. No obstante, en la página web oficial de las colecciones de los museos andaluces han optado por transcribir la inscripción como DCCCCLXVIII (968)<sup>42</sup>, correspondiente al 930 del calendario gregoriano actualmente vigente. Más allá de las dudas en la transcripción de la inscripción burilada, se puede afirmar con total certeza la fundición de esta campana en las décadas centrales del s. X. Por tanto, nos encontramos ante la única campana datada fidedignamente en una fecha anterior al año 1000 en toda Europa.

Por otra parte, el contexto en el que se fundió es del máximo interés, al tratarse de un símbolo sonoro de un culto religioso que estaba sometido al poder político y militar que profesaba otra fe, siendo también un hecho singular en relación con los países de nuestro entorno y que comparte con la conocida como campana mozárabe de Huelva. En la actualidad el apelativo de mozárabes para los cristianos bajo poder musulmán en territorio hispano no está enteramente aceptado por los historiadores de la materia<sup>43</sup>. No obstante, se mantendrá esta denominación por ser su uso el más extendido para hablar de las producciones culturales cristianas de ese territorio durante el dominio islámico.

## 6. El estudio sónico de las campanas

Este epígrafe se ha articulado en tres epígrafes. En primer lugar, se hará una aproximación a la arqueología sonora de las campanas. A continuación, se explicará la sesión de medición realizada en el Museo Arqueológico de Córdoba. Por último, se realizará un análisis sónico espectral que permita la visualización de sus propiedades sonoras principales.

### 6.1. Hacia una arqueología del sonido de las campanas

Las campanas son uno de los productos estrella de los estudios sónicos que se ocupan de los instrumentos musicales. Su sonoridad, con tanta carga cultural o “aura” en terminología de Helmut Lachenmann<sup>52</sup>, ha despertado el interés de compositores, artistas sonoros, musicólogos y arqueólogos.

Uno de los más famosos artistas sonoros españoles ha cimentado su carrera sobre estos instrumentos, se trata de Llorenç Barber (1948-), quien abandonó muchos de los postulados de la música académica para volcarse en la exploración del material y los espacios sonoros, buscando rebasar la barrera que en ocasiones atenaza la relación entre el creador y el espectador. Trabajó sobre el concepto “topografía sonora”, que implica una relación indisoluble entre el sonido y el lugar donde se genera. Esto lo tradujo en la práctica con su música plurifocal, concebida para varios puntos emisores donde las campanas y los campanarios juegan un papel fundamental en la creación<sup>44</sup>.

Entre los compositores, cabe destacar el uso que hace Manuel de Falla de las campanas en *La vida breve* (1904). En la partitura de esta ópera se hace constar la necesidad de incorporar dos campanas a la ambientación sonora de la obra, a las que denomina *Cloches Grenade* y *petite cloche Albaicín*<sup>45</sup>. También el sonido de las campanas, tan complejo y rico en armónicos, sirvió de inspiración a Jonathan Harvey en su obra *Mortuos Plango, Vivos Voco*, en una de sus más famosas obras espectrales<sup>55</sup>.

En España, la aproximación a las campanas desde el ámbito académico se ha realizado fundamentalmente desde la musicología, como elemento destacado del paisaje sonoro pretérito, e incidiendo sus elementos culturales y culturales<sup>46</sup>. O desde la arqueología musical, analizando vestigios tanto instrumentales como de fabricación de campanas<sup>47</sup>. Aunque también se han investigado desde la ingeniería de los materiales<sup>58</sup>. En cambio, el sonido ha os estudios nacionales, debiendo recurrir a investigaciones extranjeras<sup>48</sup> para abordar este aspecto del estudio de las campanas.

A principios de 1970 se encuentran algunas investigaciones que abordan el sonido y los modos de vibración de las campanas desde la acústica<sup>49</sup>.

<sup>40</sup> Manuel Gómez-Moreno y Martínez, *Iglesias mozárabes. Arte español de los siglos IX a XI* (Madrid: Centro de estudios históricos, 1919), 385386.

<sup>41</sup> Arbeiter, “Campana del Abad Sansón”.

<sup>42</sup> “Campana del abad Samsón”, *Museo Arqueológico de Córdoba*.

<sup>43</sup> Ana Echevarría Arsuaga e Iñaki Martín Viso, *La Península Ibérica en la Edad Media (700-1250)* (Madrid: UNED, 2019); Artemio Manuel Martínez Tejera, “La arquitectura cristiana del siglo X en el Reino de León (910-1037): de ‘Mozárabe’ a ‘Arquitectura de fusión’”, *Antigüedad y Cristianismo: Monografías históricas sobre la Antigüedad tardía* 28 (2011), 163-229, <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/43647>.<sup>52</sup> Abigail Heatlicote, *Liberating sounds: philosophical perspectives on the music and writings of Helmut Lachenmann* (Durham: Durham University, 2003), <http://etheses.dur.ac.uk/4059/>.

<sup>44</sup> María Teresa García Sánchez, *De la ciudad en vibración al ser resonante. Una investigación a propósito de los conciertos de campanas de Llorenç Barber* (Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2011), <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.12786>; María de los Remedios Vázquez González, *La música de Llorenç Barber. El minimalismo de la premodernidad a la posmodernidad* (Oviedo: Universidad de Oviedo, 2015), <http://hdl.handle.net/10651/33790>.

<sup>45</sup> Manuel de Falla, *La vie brève* (París: Max Eschig, 1925); José Benjamín González Gomis, “Manuel de Falla y L’acoustique nouvelle, ¿un caso de protospectralismo en el nacionalismo español?”, *Anuario Musical* 77 (2022): 161, <https://doi.org/10.3989/anuariomusical.2022.77.07>.<sup>55</sup> Jonathan Harvey, “Spectralism”, *Contemporary Music Review* 19, no. 3 (2000), 13.

<sup>46</sup> Clara Bejarano Pellicer, “A campana tañida. La percusión en el paisaje sonoro en la vida conventual femenina española de los siglos XVII y XVIII”, *Hispania Sacra* 73, no. 148 (2021): 483-495, <https://doi.org/10.3989/hs.2021.037>; Joseba Louzao Villar, “El sonido de las campanas; una aproximación al paisaje sonoro católico en la España contemporánea”, *Huarte de San Juan. Geografía e Historia* 25 (2018): 149-171.

<sup>47</sup> Miguel Ángel Marcos Villán, y Fernando Miguel Hernández, “Arqueología del horno de fundición de campanas del convento de San Francisco”.

<sup>48</sup> Salvador Ivorra, Benjamín Torres y Alfonso C. Cárcel, “Analysis of the failure and remedial measures taken after the collapse of a historical bell”, *Engineering Failure Analysis* 133 (2022): 105950, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105950>.

<sup>49</sup> Robert Perrin y T. Charnley, “Group thory and the bell”, *Journal of Sound and Vibration* 31, no. 4 (1973): 411-418; Robert Per-

Perrin y Charnley se han ocupado con asiduidad de este sujeto realizando valiosas aportaciones al campo en el último cuarto del s. XX. Su objeto de estudio principal ha sido la campana de iglesia en Inglaterra, habiéndolo abordado desde teorías vibracionales como la de Ley Chladni, los modos de vibración y la teoría de grupos<sup>50</sup>. En los 90 también se lograron avances en la comprensión de los modos de vibración de los objetos elásticos, que se pueden aplicar en las campanas<sup>51</sup>. Más recientemente, destaca entre otros el estudio de Salom sobre la evaluación objetiva y subjetiva del sonido de una campana de iglesia<sup>52</sup>. Más allá del ámbito europeo, en China y el sudeste asiático existe una gran tradición de bronce sonoros. El hallazgo de algunas campanas chinas de gran antigüedad ha permitido ahondar en el comportamiento acústico de estos instrumentos, y ofrecer nueva información sobre los modos de vibración<sup>53</sup>.

En cuanto a sus modos de vibración, las campanas se engloban dentro de un grupo de instrumentos como los gongs o platillos, que acústicamente responde a la ecuación de cascos (*Equation of Shells*), donde estos están definidos por una superficie y un espesor<sup>54</sup>. Otros autores agrupan estos instrumentos bajo la categoría de placas (*plates*), pero el planteamiento no difiere pese al cambio de nombre<sup>65</sup>.

Las propiedades sonoras de las campanas han sido especialmente estudiadas en aquellos casos que se refieren a campanas europeas fundidas a partir del s. XVII, a la que algunos autores denominan campana de iglesia o carrillón<sup>55</sup>. Este autor explica que en las campanas "los modos de vibración tienen meridianos nodales y círculos nodales que recuerdan las líneas nodales y círculos nodales de una placa circular"<sup>67</sup>. Sus modos vibratorios, recuerdan por tanto a los de platillos y gongs, de ahí que estén catalogados bajo el mismo subgrupo desde la óptica de la acústica de instrumentos musicales.

A partir de finales del s. XVII y principios del s. XVIII, los fundidores de campanas empezaron a modificar los sonidos complejos de sus campanas, afinando "las frecuencias modales de los cinco modos más graves, que caen en relaciones específicas de frecuencia musical de acuerdo con un sistema de afinación dado"<sup>56</sup>. Pero, tal y como se podrá comprobar en el caso de la campana del abad Samsón, esto no fue así con anterioridad, no pudiéndose extrapolar este comportamiento sonoro a todas las campanas de forma general. Las modificaciones introducidas por los campaneros del s. XVIII llevaron a la estereotipación del timbre de las campanas, denominadas como campanas de tercera menor por la estructuración interválica de su espectro. Esta es la tipología que predomina en los carrillones de campanas del centro y del norte de Europa<sup>57</sup>.

## 6.2. La sesión de medición

Para la sesión de medición se dispuso de un equipo de medición acústica basado en sistema Pulse/BKConnect de la casa Brüel&Kjaer/HBK de cinco canales, que permite la grabación digital de audio de cinco señales microfónicas con las máximas prestaciones, dado que el sistema opera digitalmente con conversores A/D de 24bit con capacidad hasta 25,6KHz de rango frecuencial y más 125dB de rango dinámico operativo. Dado que no era posible accionar la campana fuera de las instalaciones del Museo Arqueológico, se seleccionó una zona de grabación próxima a la sala de exposición lo más seca posible, en la que tanto el técnico especialista encargado de manipular la campana como los micrófonos estuvieran situados en el centro de la sala y alejados lo máximo posible de paredes y superficies reflectantes, pudiéndose considerar la captación del sonido en condiciones de campo directo. Además, durante la grabación de audio se solicitó al Museo Arqueológico la desconexión del sistema de climatización y condiciones de mínima iluminación, procurando con ello el menor ruido de fondo y las mejores condiciones de grabación que fueran posible.

En base a bibliografía específica para grabación de audio<sup>58</sup>, para la disposición de la configuración de los micrófonos de laboratorio encargados de recoger las señales, finalmente se propone diseñar un modelo basado en una distribución geométrica y angular similar a la utilizada en la recomendación UIT-R- BS.775-4<sup>59</sup>, adaptándola en este

rin, "A group theoretical approach to warble in ornamented bells", *Journal of Sound and Vibration*, 52 (1977): 307-313.

<sup>50</sup> Robert Perrin, T. Charnley y J. DePont, "Normal modes of the modern English church bell", *Journal of Sound and Vibration* 90, no. 1 (1983): 29-49; Robert Perrin y T. Charnley, "On the RIR modes of the modern English church bell", *Journal of Sound and Vibration* 119, no. 2 (1987): 243-247.

<sup>51</sup> William M. Visscher, Albert Migliori, Thomas M. Bell y Robert A. Reinert, "On the normal modes of free vibration of inhomogeneous and anisotropic elastic objects", *The Journal of the Acoustical Society of America* 90, no. 4 (1991): 2154-2162, <https://doi.org/10.1121/1.401643>.

<sup>52</sup> Iva M. Salom, Miomir M. Mijić, Jelena D. Čertić, Dragana S. Šumarac Pavlović, Boris D. Despot, "Subjective evaluation and an objective measure of a church bell sound quality", *Applied Acoustics* 85 (2014): 97-105, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.04.012>.

<sup>53</sup> Sinyan Shen, "Acoustics of Ancient Chinese Bells", *Scientific American* 256, no. 4 (1987) 104-111; Jianzheng Cheng y Congqing Lan, "Experimental studies on sound and vibration of a two-tone Chinese Peace Bell", *Journal of Sound and Vibration* 261 (2003): 351-358, [https://doi.org/10.1016/S0022-460X\(02\)00978-1](https://doi.org/10.1016/S0022-460X(02)00978-1).

<sup>54</sup> Antoine Chaigne y Jean Kergomard, *Acoustics of Musical Instruments* (Nueva York: Springer, 2016), 26. <sup>65</sup> William M. Hartmann, *Principles of Musical Acoustics* (Nueva York: Springer, 2013), 275.

<sup>55</sup> Hartmann, *Principles of Musical Acoustics*, 276. <sup>67</sup> Hartmann, *Principles of Musical Acoustics*, 277.

<sup>56</sup> Vincent Debut, Miguel Carvalho, José Antunes, "Objective estimation of the tuning features of historical carillons", *Applied Acoustics* 101 (2016): 78-90, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.07.010>.

<sup>57</sup> Albrecht Schneider y Marc Leman, "Sound, Pitches and Tuning of a Historic Carrillon", en *Studies in Musical Acoustics and Psychoacoustics*, ed. Albrecht Schneider (Nueva York, Springer: 2017): 247-298.

¿¿¿Extrapontem de Zamora". En *Las campanas: cultura de un sonido milenario: actas del I Congreso Nacional*. eds. Francisco José Guerrero Caron y Eloy Gómez Pellón (Santander: Fundación Marcelino Botín, 1997), 439-456; Navarro de la Coba, *Instrumentos musicales encontrados.???*

<sup>58</sup> Bruce Bartlett y Jenny Bartlett, *Practical Recording Techniques* (Nueva York, Routledge, 2016), <https://doi.org/10.4324/9781315696331>.

<sup>59</sup> "Recomendación BS.775-4 (12/2022). Multichannel Stereophonic Sound System with and without Accompanying Picture". *Unión Internacional de Telecomunicaciones*, 2022, <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.775/es>.



Fig. 4. Equipo dispuesto para la sesión de medición sonora de la campana (© [los autores]).



Fig. 5. Momento de la medición sonora de la campana del abad Samsón, accionada por el especialista en bronce del Museo Arqueológico de Córdoba (© [los autores]).

caso al número de señales disponible y objetivo y condiciones de medida. De esta forma se propuso situar un simulador de cabeza y torso (HATS-mod. B&K 4100) que permite la grabación binaural (con dos canales L/R, a similitud del sistema de captación humano) situado frente al técnico que acciona la campana. Los otros tres canales corresponden a dos micrófonos de condensador de  $\frac{1}{2}$ ' (mod. B&K 4190) situados simétricamente a 120 grados a ambos lados del eje de alineamiento entre el HATS y el técnico que realiza las maniobras

de accionamiento de la campana; el último canal se corresponde con un micrófono de condensador de  $\frac{1}{4}$ ' (mod. B&K 4187) que se situó sobre la cabeza del HATS. La selección de micrófonos de laboratorio de  $\frac{1}{2}$ ' y  $\frac{1}{4}$ ' se propuso con el objetivo de disponer de distintas relaciones entre respuestas en frecuencia y sensibilidad, teniendo en cuenta las características temporales de tipo impulsivo del sonido generado por la campana, permitiendo la posibilidad de seleccionar a criterio del investigador de la señal más adecuada para cada análisis.

El objetivo global de esta configuración es aprovechar las prestaciones y número de canales disponible, de forma que se captaran las señales con las máximas garantías de calidad para su posterior análisis.

### 6.3. Análisis espectral y visualización de sus propiedades sonoras

El encargado de accionar la campana para obtener el sonido fue en todo momento el especialista en bronce del Museo Arqueológico de Córdoba. A petición de los investigadores alternó golpes breves con repiques más continuos. Una vez evaluadas las distintas secuencias de grabación y en base a criterios de calidad y limpieza de la señal, de consideró tomar el tercer y último golpe de una secuencia breve para el análisis sónico. Para poder abordar el estudio físico del sonido es absolutamente necesario obtener una señal de audio, que posteriormente se puede procesar y someter a diversos tipos de análisis que

permitan adentrarse en sus particularidades<sup>60</sup>. En primer lugar, se muestra la forma de onda en su representación de picos según los valores temporales (fig. 6). La duración total del corte empleado es de 1 segundo, quedando patente desde el primer momento que no nos encontramos ante una campana moderna, de grandes dimensiones y gran duración de su caída sonora. Esta muestra temporal es suficiente para representar toda la envolvente del sonido, y por tanto engloba todos los datos necesarios para la adecuada caracterización del sonido.

La forma de onda de la campana del abad Samsón destaca por la cantidad de picos y la falta de estabilidad del sonido. Una representación de los picos muestra la inmensa cantidad de ellos en el breve lapso que incluye la muestra completa, especialmente en las primeras dos décimas de segundo. En la imagen se detallan redondeados en rojo los picos de amplitud que presenta la onda (fig. 7):

El procesado de la señal de audio obtenida al hacer sonar la campana ha sido sometido a diversos

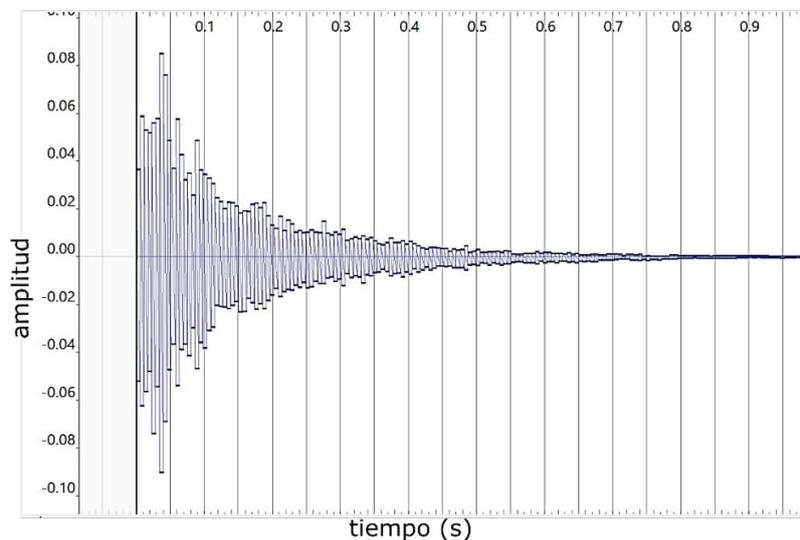


Fig. 6. Forma de onda de un toque de la campana del abad Samsón representada con picos de valores temporales

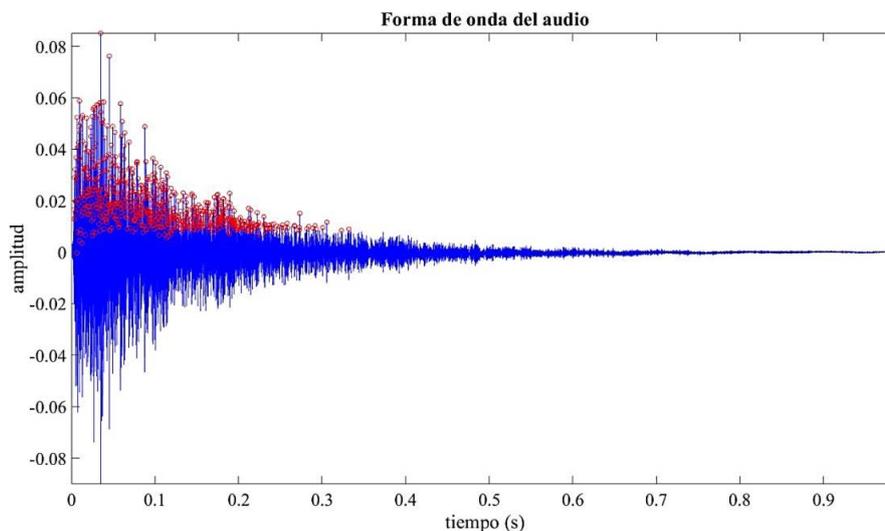


Fig. 7. Representación de la forma de onda con picos de amplitud coloreados en rojo.

<sup>60</sup> Thomas D. Rossing, *Springer Handbook of Acoustics* (Nueva York, Springer, 2007).

tratamientos digitales para poder operar con los datos extraídos. La forma de onda ha sido subdividida en numerosos marcos temporales (*frames*) para su análisis paramétrico, tal y como se puede apreciar en la fig. 8, donde cada marco aparece representado en un color distinto. Se ha adoptado un ancho temporal de 1/40 de segundo por ser un valor estándar que permite una máxima confiabilidad en cuantización de la señal.

La envolvente es un término empleado en audio digital que permite analizar los cambios temporales acaecidos en la amplitud de una forma de onda. Suele describirse mediante cuatro componentes: ataque,

caída, sostenimiento y relajamiento, ADSR por sus siglas en inglés (*Attack, Decay, Sustain, Release*)<sup>61</sup>. La campana del abad Samsón tiene un ataque muy marcado seguido de un decaimiento rápido y muy acusado, así como una fase de sostenimiento del sonido muy reducida, prácticamente inexistente, lo que lleva a la forma de onda a proceder rápidamente a su relajamiento final (fig. 9). Únicamente en torno a los 0,2 s y los 0,4 se produce un breve instante de estabilidad de la envolvente.

Muy vinculado a la envolvente está el coeficiente total de la energía, medido mediante RMS (*Root-MeanSquare*). De hecho, el contorno de la curva es

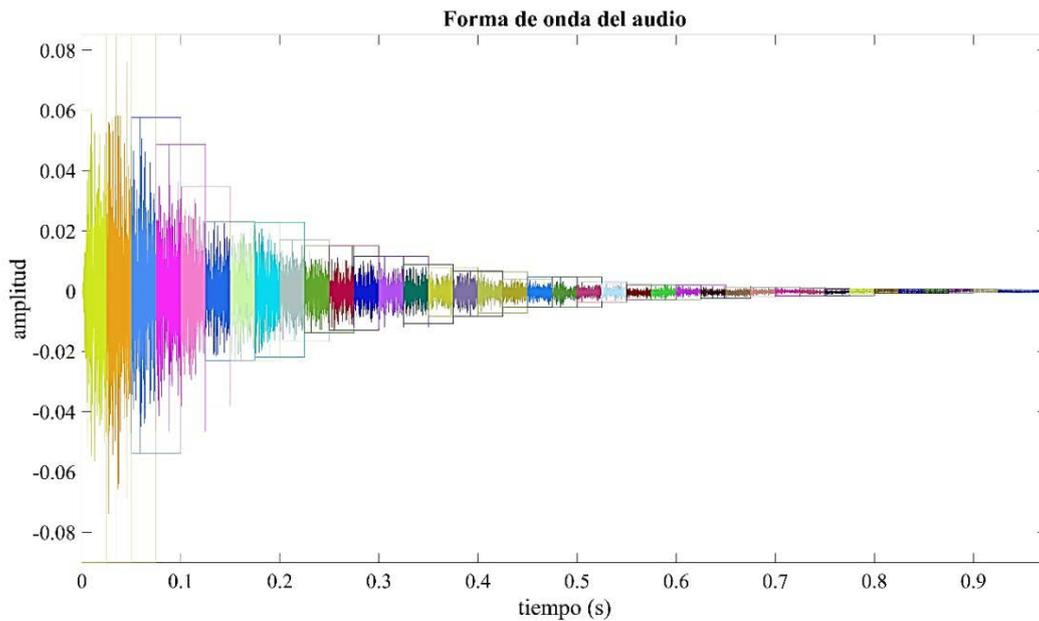


Fig. 8. Forma del audio descompuesta en marcos temporales (*frames*) para su análisis

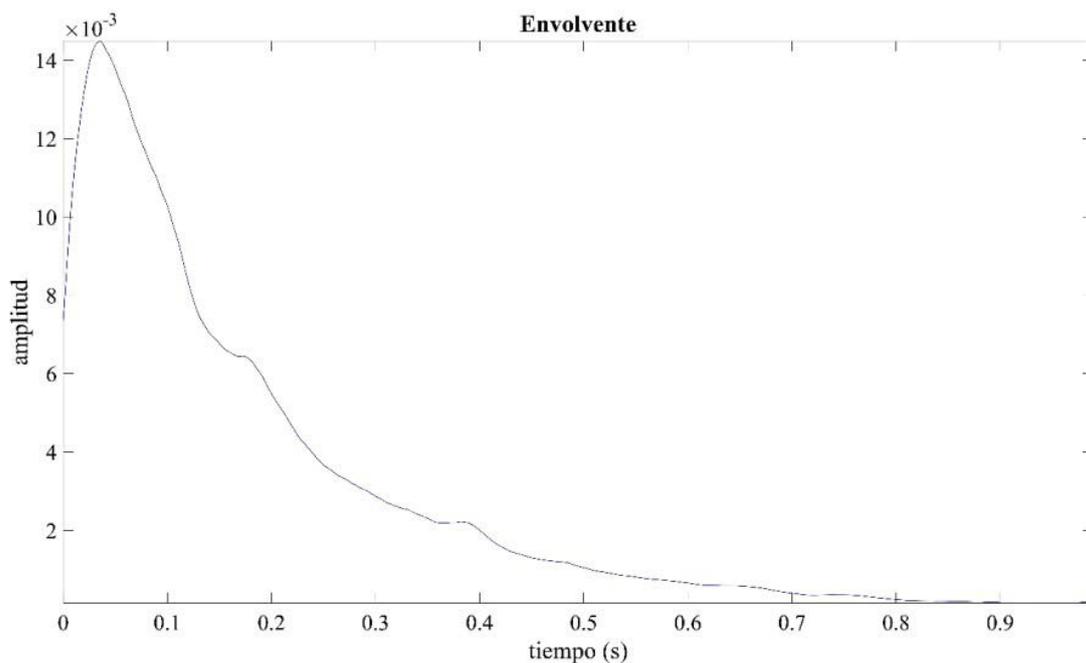


Fig. 9. Envolvente de la forma de onda del toque de la campana del abad Samsón

<sup>61</sup> Rossing, *Springer Handbook of Acoustics*, 718.

bastante semejante (fig. 10), lo que muestra la interrelación entre ambas magnitudes. El RMS permite visualizar el contorno energético del audio en su evolución temporal.

Para finalizar con las distintas visualizaciones vinculadas a las formas de la onda de audio, en la fig. 11 se muestra el sonido de la campana del abad Samsón descompuesto a través de un banco de filtros empleado en psicoacústica. Estos bancos permiten dividir la forma de onda en  $n$  tramos frecuenciales, en este caso han sido diez, siendo el 1 el que integra las frecuencias más graves y el 10 las más agudas. Se ha adoptado esta resolución porque permite apreciar con el suficiente grado de detalle las frecuencias más características dentro de la representación de la respuesta de la membrana basilar. Está basada en el filtro de bancos ERB (*Equivalent*

*Rectangular Bandwidth*), que se ha operado con el número por defecto de 10, que ofrece la resolución suficiente.

Los filtros inferiores corresponden a la zona grave (a partir de 100 Hz) y los superiores llegan hasta 10000 Hz. Especialmente significativas son las franjas centrales, entre la 4 y la 8, que aglutinan las zonas del espectro que más presencia tienen en el sonido de la campana. De esta forma se puede visualizar con claridad cómo evoluciona la amplitud desde una mayor intensidad global en buena parte de las franjas hasta una amplitud residual en buena parte del rango frecuencial excepto la zona predominante entre 4000 y 5000 Hz.

El procesado de bancos de filtros frecuenciales, unido a otros sistemas de procesado de la señal, ha permitido determinar que la frecuencia fundamental de la

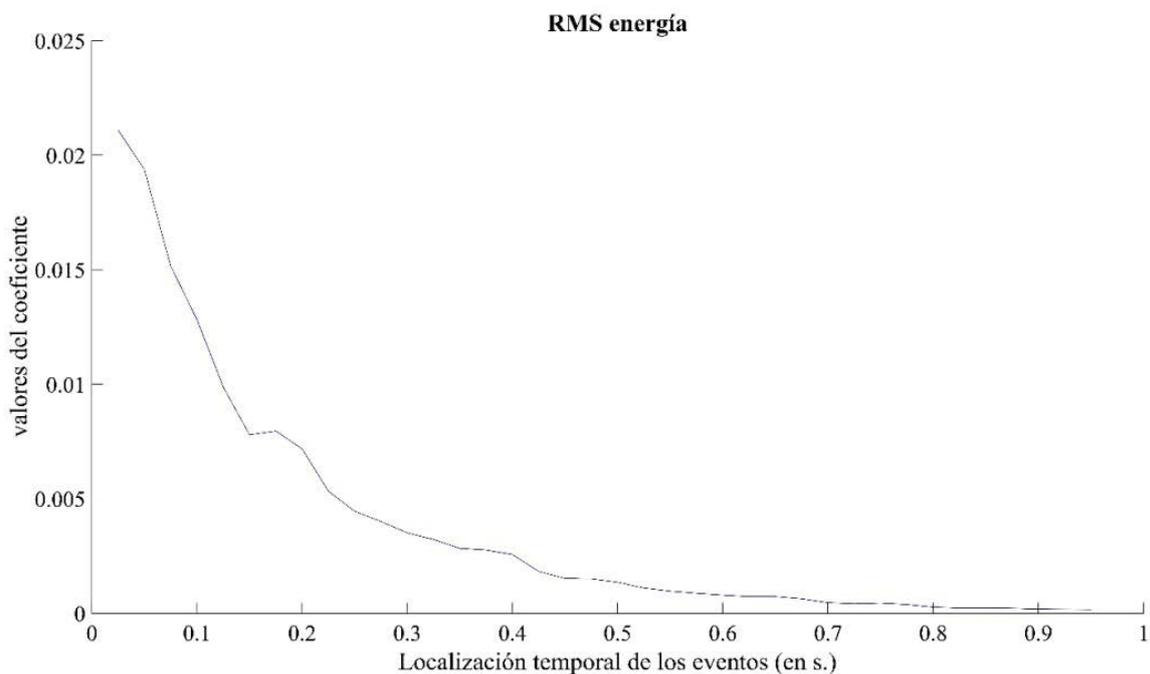


Fig. 10. Representación gráfica de los valores de RMS para la campana del abad Samsón.

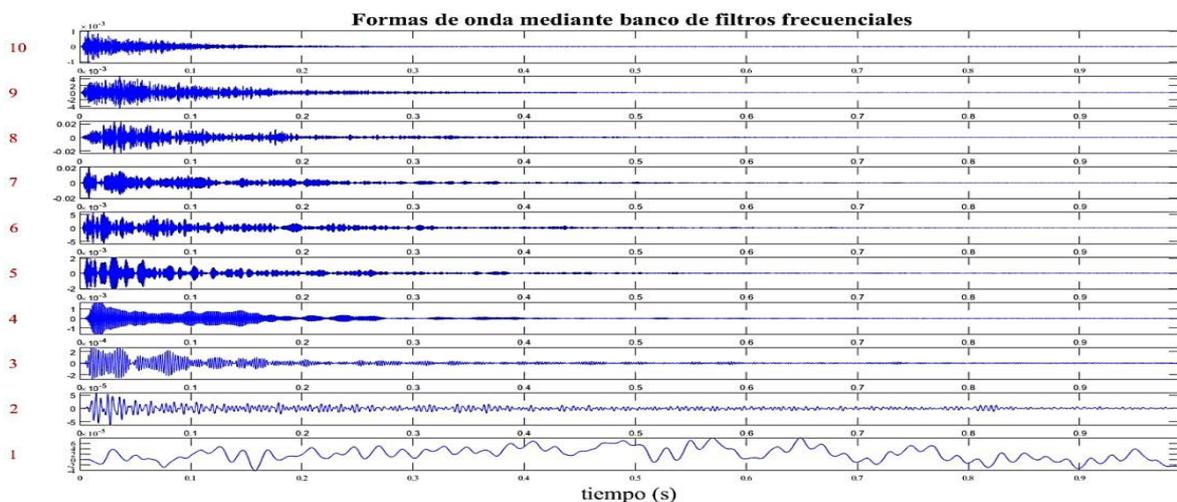


Fig. 11. Formas de onda mediante banco de filtros frecuenciales ERB del sonido de la campana del abad Samsón.

campana del abad Samsón, en base a las condiciones establecidas en el proceso de grabación es 797,56 Hz.

Tras el análisis de la forma de onda pasamos a mostrar el espectrograma global de la campana. Esta representación del sonido permite apreciar la duración de cada parcial del sonido, y su paulatina extinción. La duración, al igual que en la figura anterior, está representada en el eje "x". Por su parte, el eje "y" asume el contenido frecuencial. El código de colores se articula en un eje entre el verde y el rojo donde las áreas en verde oscuro son las que presentan un menor nivel sonoro y las que están representadas en rojo los picos de nivel.

El espectro presenta tres grandes divisiones: entre 43 Hz y 2500 Hz apenas hay parciales con clara presencia, tan solo en torno a 1500 y 2500 Hz se aprecia una mayor intensidad. Entre 3000 Hz y

5500 Hz se produce una gran acumulación de frecuencias de mayor intensidad. A partir de los 5500 Hz se produce una disminución frecuencial hasta convertirse en algo residual a partir de 10 kHz. Si se aumenta el límite de ganancia se puede comprobar como la zona comprendida entre los 3500 Hz y los 5500 colorea por completo el sonido de la campana al ser tan predominante (fig. 13). Esto le confiere su característico sonido agudo, claro y penetrante, muy lejos de las profundas resonancias, del *hum* de las campanas de iglesia propias del s. XVIII en adelante.

Si extrapolamos el espectrograma a una representación sin tiempo, únicamente con frecuencias y niveles de intensidad se puede apreciar con claridad

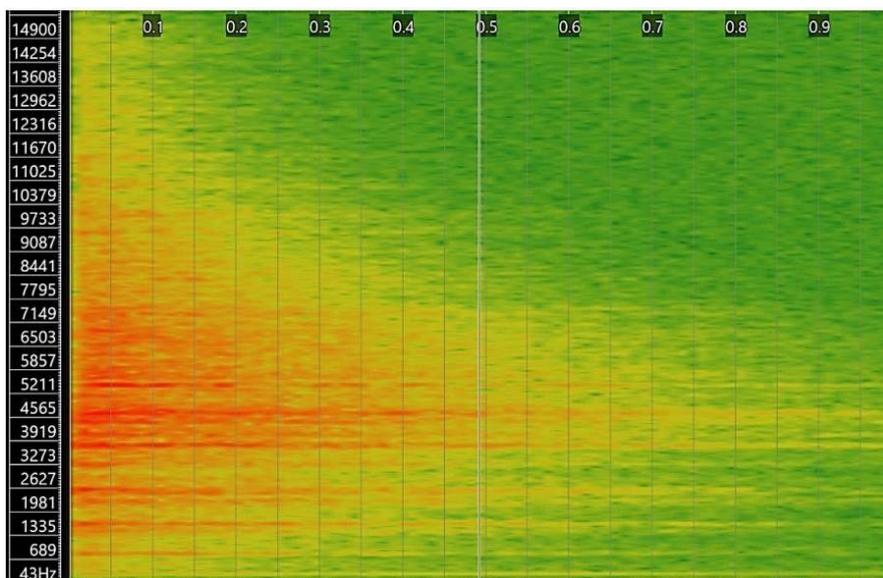


Fig. 12. Espectro general de la campana del abad Samsón, entre 43 y 14900 Hz.

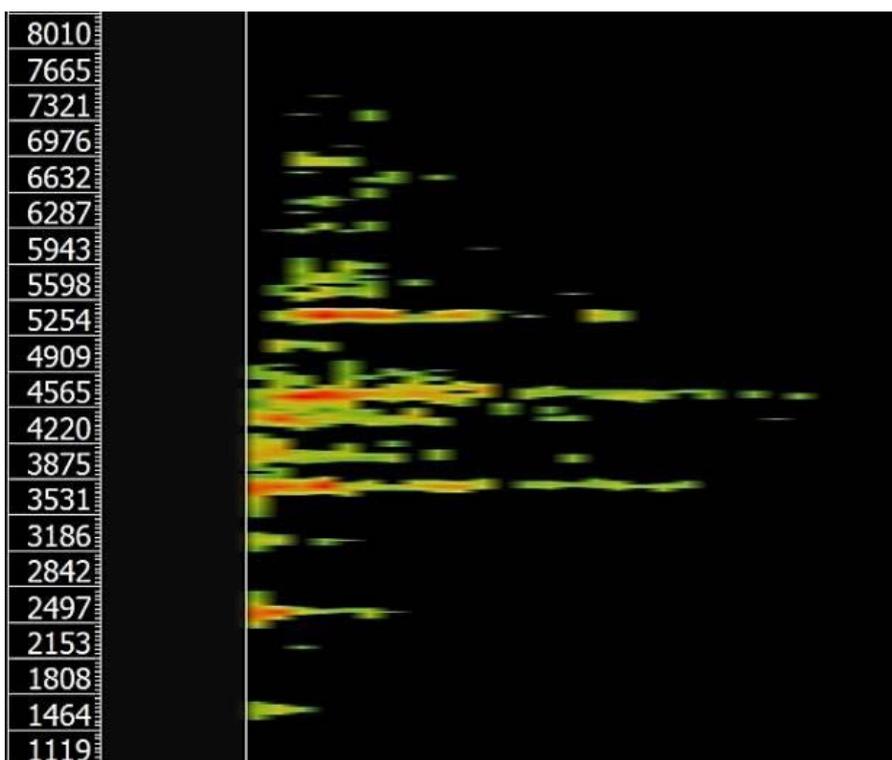


Fig. 13. Detalle de una franja del espectro sonoro de la campana del abad Samsón.

los picos de intensidad sonora de cada franja frecuencial (fig. 14). De esta forma se obtiene un espectro global del sonido. En la gráfica las frecuencias están representadas con el exponente  $\times 10^4$ , por lo que extrapolado a Hz están representadas las frecuencias entre 0 y 20.000 Hz. Una vez más queda patente la intensidad sonora del rango frecuencial comprendido entre 3000 y 5000 Hz, sobre el que además se aprecia la forma espectral similar a la de una señal modulada en frecuencia (tipo FM), pudiéndose considerar la frecuencia portadora la componente total con mayor amplitud. Esta frecuencia portadora se encuentra indicada en la imagen con un valor de 4661,94 Hz. Por su parte, las dos bandas laterales moduladas poseen unos valores de 3792,54 y 5441,84 Hz respectivamente. A unas distancias de -869 y +780 Hz.

Otro aspecto importante para conocer la caracterización sónica de la campana es representar el

comportamiento del flujo espectral, que se ocupa de mostrar la velocidad a la que cambia la intensidad espectral (fig. 15), computándose “como la diferencia al cuadrado de las magnitudes normalizadas del espectro”<sup>62</sup>. El toque analizado se caracteriza por una gran cantidad de cambios y su falta de estabilidad, con un rápido decaimiento de la mayoría de las frecuencias. El alto flujo espectral de la campana del abad Samsón permite definirlo como un sonido modulante, en coincidencia con el análisis espectral anterior (fig.14) de acuerdo con la terminología usada en análisis acústico<sup>63</sup>.

En la fig. 16 se muestra el espectro de una muestra temporal muy reducida de la campana, es decir, una segmentación temporal de la muestra completa anteriormente mostrada. El momento elegido ha sido el del ataque del sonido, tal y como se puede ver en la parte

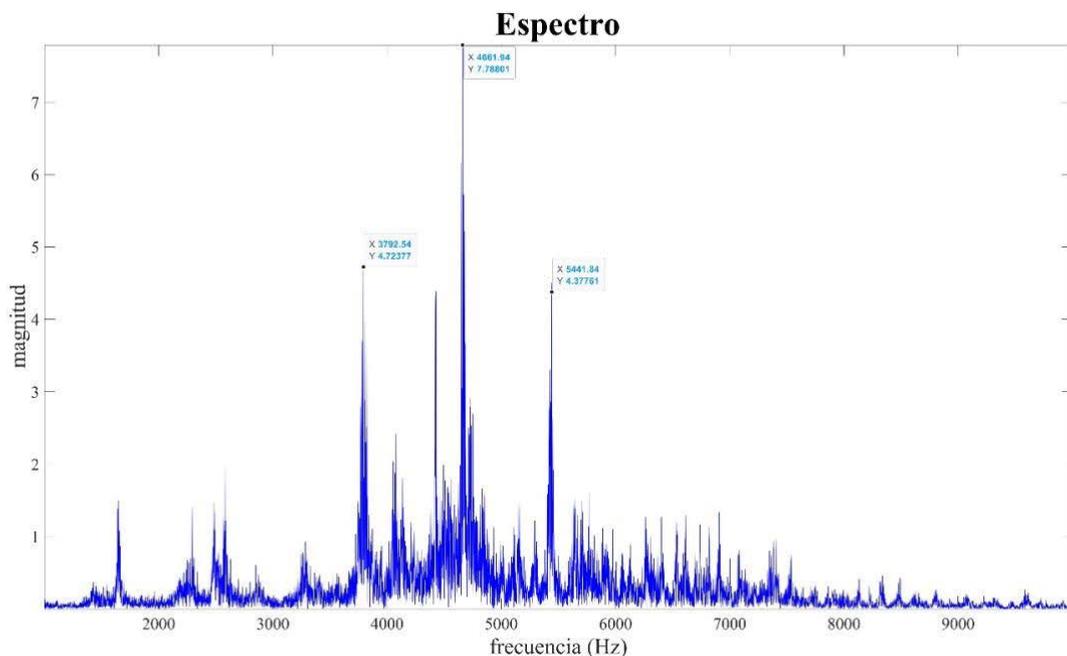


Fig. 14. Espectro del sonido en frecuencia y magnitud.

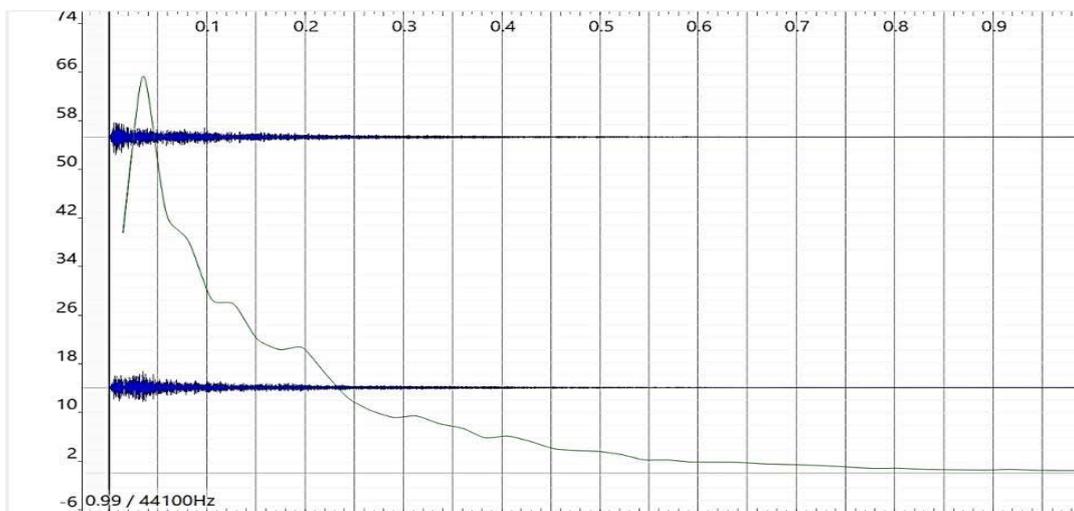


Fig. 15. Flujo espectral de un toque de la campana del abad Samsón.

<sup>62</sup> Theodoros Giannakopoulos y Aggelos Pikrakis, *Introduction to Audio Analysis: A MATLAB Approach* (Oxford, Academic Press, 2014): 84, <https://doi.org/10.1016/C2012-0-03524-7>.

<sup>63</sup> Rossing, *Springer Handbook of Acoustics*, 739.

inferior de la imagen. Siguiendo la práctica habitual, para representar este espectro, las frecuencias (Hz) se ubican en el eje x, y su nivel (dB) en el eje y, lo que permite apreciar nuevamente una preponderancia de la zona media, entre 2500 y 5000 Hz. Además, siguiendo el contorno de los picos se pueden detectar aquellos parciales más importantes en la percepción frecuencial y, por ende, tímbrica.

Si se simplifica la representación gráfica adaptándola a tercios de octava, se puede ver claramente como el pico se encuentra en 4000 Hz, y dónde se ubican los picos secundarios que constituyen los parciales secundarios de la campana. La

representación de la fig. 17 refleja la magnitud en dB de cada parcial, otorgando al pico máximo un valor de 0, y al resto de valores un valor en función de ese 0 relativo. Gracias a ello se puede comprobar más claramente lo acusada que es la caída a partir de 4 kHz, con una práctica desaparición a partir de 8 kHz (fig. 17 y tabla 2):

Otra forma apropiada de visualizar el comportamiento del sonido de la campana es a través de un espectrograma de picos melódicos. En la fig. 18 se pueden ver con claridad las zonas del espectro que presentan una mayor intensidad y su evolución

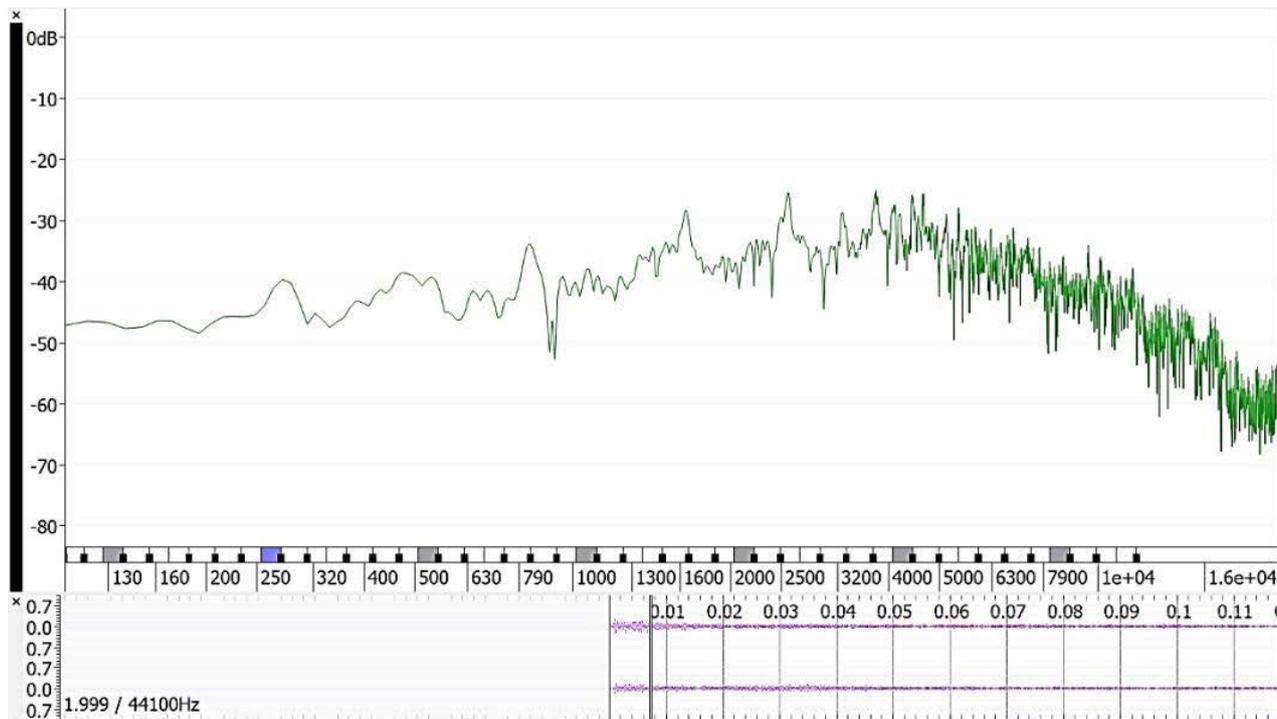


Fig. 16. Espectro sonoro de la campana del abad Samsón en el momento del ataque del sonido.

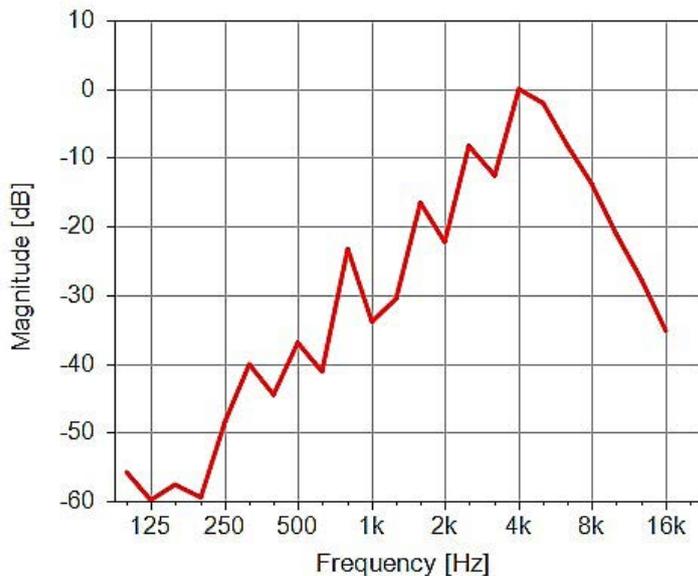


Fig. 17. Representación gráfica de la Magnitud (dB), con el rango frecuencial dividido en bandas normalizadas de tercio de octava.

Banda f(Hz)	Nivel relativo (dB)	Banda f(Hz)	Nivel relativo (dB)
100	-55,8	1000	-33,9
125	-59,8	1250	-30,5
160	-57,6	<b>1600</b>	<b>-16,6</b>
200	-59,5	2000	-22,2
250	-48,4	<b>2500</b>	<b>-8,3</b>
315	-40,1	3150	-12,6
400	-44,5	<b>4000</b>	<b>0,0</b>
<b>500</b>	<b>-36,9</b>	5000	-2,0
630	-41,1	6300	-8,2
<b>800</b>	<b>-23,3</b>	8000	-13,8

Tab. 2. Magnitud (dB), en relación la banda de frecuencia máxima (en bandas normalizadas de tercio de octava).

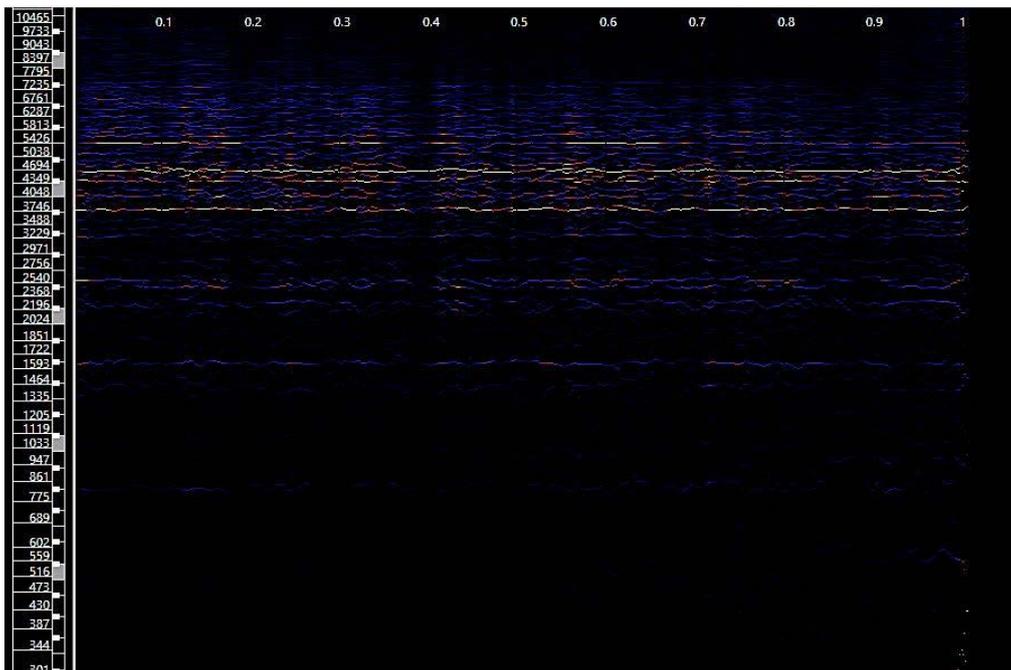


Fig. 18. Espectrograma de picos melódicos.

durante en el segmento temporal. En esta representación, las frecuencias con menor nivel de ganancia se muestran en color azul, las medias en rojo y las más intensas en color amarillo.

El componente espectral visualizado en la fig. 18 se ve complementado por la gráfica que muestra el nivel de disonancia percibida o rugosidad del sonido (*roughness*) en base a su componente frecuencial (fig. 19). Esta magnitud, que ya fue enunciada por Helmholtz<sup>64</sup>, ha sido desarrollada a partir de la teoría de Plomp y Levelt, que define la percepción armónica según el choque entre sonidos

armónicos cercanos<sup>65</sup>. El fenómeno se explica por los batidos que provocan dos frecuencias muy próximas entre sí, estos batidos pueden percibirse como una pequeña variación de intensidad si están extremadamente próximos, o, al distanciarse y aumentarse su velocidad, como una disonancia<sup>66</sup>. En el caso de la campana, se aprecia un elevado coeficiente de disonancia percibida en el momento del

<sup>64</sup> Hermann von Helmholtz, *On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music* (Londres, Longmans, Green and Co., 1895); Erwin Hiebert, *The Helmholtz Legacy in Physiological Acoustics* (Cham, Springer International Publishing – Archimedes, 2014), <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06602-8>; Nicola Di Stefano y Charles Spence, "Roughness perception: A multisensory/crossmodal perspective", *Attention, Perception, & Psychophysics* 84, no. 7 (2022): 2087-2114, <https://doi.org/10.3758/s13414-022-02550-y>.

<sup>65</sup> R. Plomp y W. J. M. Levelt, "Tonal Consonance and Critical Bandwidth", *The Journal of the Acoustical Society of America* 38, no. 4 (1965): 549, <https://doi.org/10.1121/1.1909741>.

<sup>66</sup> William A. Sethares, *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale* (Londres: Springer-Verlag, 2005); Wouter De Baene, André Vandierendonk, Marc Leman, Andreas Widmann y Mari Tervaniemi, "Roughness perception in sounds: behavioral and ERP evidence", *Biological Psychology* 67, no. 3 (2004): 319-330, <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.01.003>; Nicola Di Stefano, Peter Vuus, Elvira Brattico, "Consonance and dissonance perception. A critical review of the historical sources, multidisciplinary findings, and main hypotheses", *Physics of Life Reviews* 43 (2022): 273-304, <https://doi.org/10.1016/j.plev.2022.10.004>.

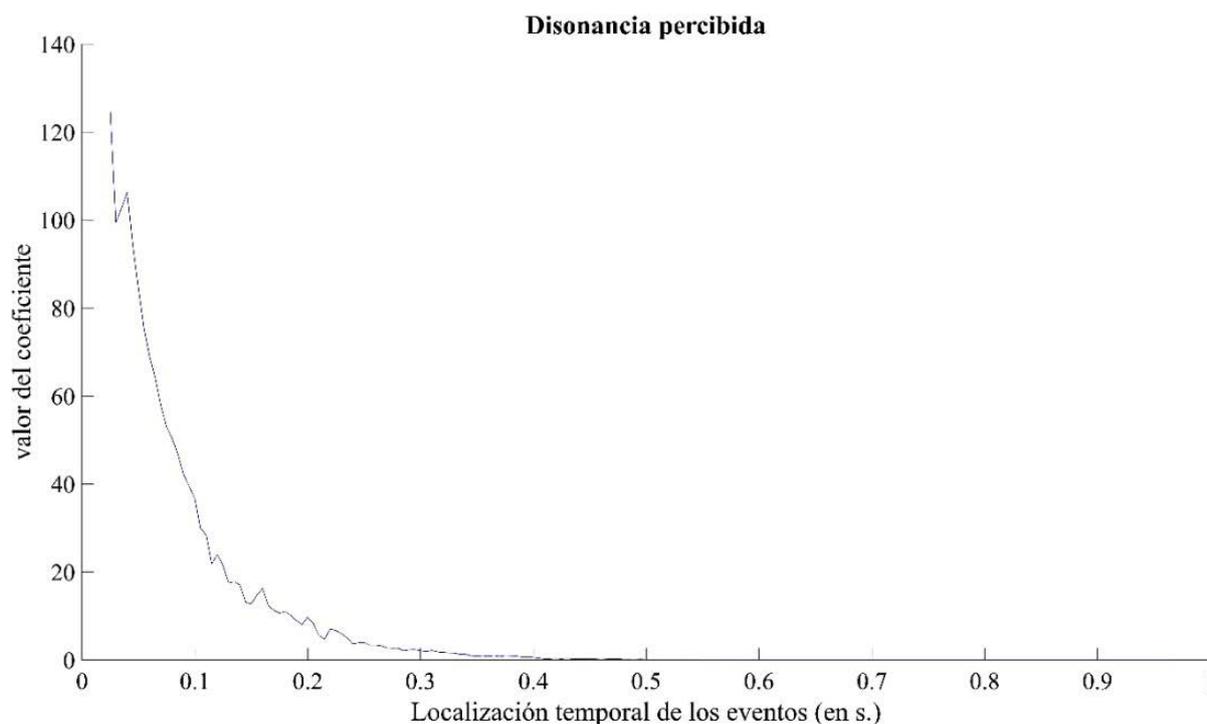


Fig. 19. Disonancia percibida en el sonido de la campana del abad Samsón.

ataque, que desciende drásticamente dentro de la primera décima de segundo, atenuando su caída hasta desaparecer, en una evolución que recuerda claramente a la envolvente del oyente y a la RMS (fig. 9 y 10). Directamente relacionado con este parámetro encontramos también el índice de inarmonicidad que presenta el sonido, que se corresponde con la cantidad de parciales que no son múltiplos de la frecuencia fundamental. La campana del abad Samsón ofrece un valor de 0,464 para este parámetro, tal y como se recoge en la tabla 3 junto a los resultados más destacables.

El brillo es una magnitud que analiza la relación entre las altas frecuencias y las bajas frecuencias. La campana del abad Samsón ofrece un brillo de 0,966, un valor elevadísimo que certifica la preponderancia de las altas frecuencias en el componente espectral del sonido y la baja intensidad de las frecuencias graves y medias. Este dato se complementa con el centroide espectral, centro de masa de la magnitud espectral<sup>67</sup>, que corresponde con un valor de 5147 Hz. Esto quiere decir que el centro de los datos procesados se encuentra en esta frecuencia, valor que contrasta ampliamente con la frecuencia fundamental de la campana (797,56 Hz) y acredita el desplazamiento del peso sonoro hacia la región aguda del espectro. Por último, el parámetro dedicado a la energía de altas frecuencias, arroja un valor muy elevado de 6986 Hz, que corrobora lo anteriormente expuesto.

Magnitud	Valor
Frecuencia fundamental	797,56 Hz
Energía de altas frecuencias	6986 Hz
Brillo	0,966
Centroide Espectral	5147 Hz
Índice de inarmonicidad	0,464

Tab. 3. Resumen de los valores más característicos de la campana del abad Samsón.

## 7. Conclusiones

Por sus características epigráficas y su datación propia la campana del abad Samsón se erige como una pieza única dentro de la arqueología musical española y europea. Como se ha podido comprobar, son muy raros los ejemplares conservados de campanas anteriores al año 1000, tan sólo un ejemplar francés puede entrar en esta categoría. No obstante, esta pieza francesa no está fechada, y la propuesta de datación no es congruente. En cambio, la campana cordobesa presenta todo tipo de garantías en su datación dentro del s. X, gracias a su inscripción burilada en el propio bronce. Además, su casco no ha sido modificado (como sí lo ha sido el de la francesa), lo que la convierte en una importantísima fuente para reconstruir el paisaje sonoro altomedieval.

Apoyados en presupuestos teóricos de la arquitectura de los sentidos, la arqueo-musicología y la arqueoacústica, en este artículo se ha abordado el estudio del contexto cultural de la campana, así como su comportamiento sonoro. Éste ha permitido comprobar cómo, al tratarse de una campana de mano, y tener un reducido tamaño, su sonoridad difiere de los grandes de campana de iglesia, especialmente

<sup>67</sup> Pavel Zahorik, "Spatial Hearing in Rooms and Effects of Reverberation", *Binaural Hearing*, ed. Ruth Y. Litovsky, Matthew J. Goupell, Richard R. Fay y Arthur N. Popper (Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2021): 250, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57100-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57100-9_9).

si se compara con el modelo de campana de tercera menor desarrollado a partir del s. XVIII, cuando los avances de la fundición y el control de las vibraciones llevaron a modificar la factura de las campanas para conseguir unas sonoridades más determinadas y concretas.

La campana del abad Samsón se caracteriza por su extremado brillo sonoro, con una fundamental con una frecuencia alta (797,56 Hz) y con escasa intensidad, frente a una región aguda de gran intensidad sonora, especialmente entre los 4000 y los 5000 Hz. Otras magnitudes como la energía de altas frecuencias (6986 Hz), el centroide espectral (5147 Hz) y el índice de inarmonicidad (0,464) muestran claramente la caracterización tímbrica de la campana. Su sonido tan penetrante, agudo y tenso, propio del desequilibrio energético de sus componentes espectrales, se ajusta al uso probable de la pieza. El hecho de que su zona grave del espectro esté tan poco representada reduce su radio geográfico de acción. Las campanas grandes de campanario pueden escucharse a mucha distancia gracias a sus frecuencias más graves, que se proyectan muy lejos en el marco geográfico que las acoge. En cambio, las pequeñas campanas de mano se ven más limitadas en este aspecto porque la absorción del aire tiene un mayor impacto en las altas frecuencias, lo que corrobora la hipótesis de asociar el uso de esta campana como elemento doméstico, cuyo sonido podría servir de llamada o advertencia en simultaneidad con voces o avisos verbales.

Por otro lado, las altas frecuencias y la inarmonicidad y rugosidad de la campana benefician el contraste con la voz humana, especialmente la masculina con la que estaba destinada a convivir en el entorno monástico. La voz masculina, que se mueve principalmente entre los 80 y los 300 Hz<sup>68</sup>, está en una zona del espectro muy inferior a la fundamental de la campana, lo que lleva a ubicar el sonido de la campana en un lugar preeminente del espectro general del paisaje sonoro monástico cordobés en la alta Edad Media. Por tanto, podemos concluir que la campana del abad Samsón, por su sonoridad, se ajusta de forma muy conveniente al uso requerido. Su intensidad sonora limitada se ciñe al marco espacial monástico, permitiendo ser identificada con claridad como una señal de alerta y llamada a la comunidad de monjes, sin que su sonido pueda quedar enmascarado o interferir en otras producciones sonoras de su entorno, gracias a su brillo, inarmonicidad y rugosidad que la alejan y ubican en un lugar destacado dentro del paisaje sonoro altomedieval.

## Agradecimientos

Manuel Aguayo Marmolejo, Conservador de Museos.  
 María Jesús Moreno Garrido, Jefa del Departamento de Conservación e Investigación.  
 Carlos Costa Palacios, Restaurador.  
 Juan Antonio Calderón Arévalo, Peón de mantenimiento Escuela Politécnica de Cuenca (UCLM).

## 8. Referencias

### 8.1. Referencias bibliográficas

- Aletta, Francesco y Jian Kang. *Historical Acoustics. Relationships between People and Sound over Time*. Basel: MDPI, 2020.
- Arbeiter, Achim. "Campana del Abad Sansón". Ceres (s.f.). Consultado el 30 de mayo de 2023. <https://ceres.mcu.es/pages/Main?id=129169&table=F&MUS&museum=MAECO>.
- De Baene, Wouter, et al. "Roughness perception in sounds: behavioral and ERP evidence." *Biological Psychology* 67, no. 3 (2004): 319-330. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.01.003>.
- Bartlett, Bruce y Jenny Bartlett. *Practical Recording Techniques*. New York: Routledge, 2016, <https://doi.org/10.4324/9781315696331>.
- Bedia García, Juana, José Beltrán Pizón y Miguel López Domínguez. "La campana mozárabe del Museo Provincial de Huelva." *Cuadernos del Surroeste* 3 (1992): 175-182.
- Bejarano Pellicer, Clara. "A campana tañida". La percepción en el paisaje sonoro en la vida conventual femenina española de los siglos XVII y XVIII", *Hispania Sacra*, 73, no. 148 (2021): 483-495. <https://doi.org/10.3989/hs.2021.037>.
- Billiet, Frédéric. "Entendre les paysages sonores du Moyen Âge et de la Renaissance: L'approche musicologique". En *Les paysages sonores: Du Moyen Âge à la Renaissance*, editado por Laurent Hablot y Laurent Vissière, 19-41. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, 2016. <https://doi.org/10.4000/books.pur.47104>.
- Both, Arnd Adje. "Music Archaeology: Some Methodological and Theoretical Considerations". *Yearbook for Traditional Music* 41 (2009): 1-11. <https://doi.org/10.1017/S0740155800004100>.
- Bourke, Cormac. *The Early Medieval Hand-Bells of Ireland and Britain*. Dublin: Wordwell-National Museum of Ireland, 2020.
- Butler, Shane y Sarah Nooter (eds.). *Sound and the Ancient Senses*. London: Routledge, 2018.
- "Campana de Canino". *Musei Vaticani*. Consultado el 30 de mayo de 2023. <https://www.museivaticani.va/content/museivaticani/es/collezioni/musei/museo-pio-cristiano/mosaici-diciriaca/campana-di-canino.html>.
- "Campana del abad Samsón". Museo Arqueológico de Córdoba, 2018. Consultado el 30 de mayo de 2023. [https://www.museosdeandalucia.es/web/museo-arqueologicodecordoba/obras-singulares//asset\\_publisher/GRnu6ntjtLfp/content/campana-mozarabe-del-abad-samson](https://www.museosdeandalucia.es/web/museo-arqueologicodecordoba/obras-singulares//asset_publisher/GRnu6ntjtLfp/content/campana-mozarabe-del-abad-samson).
- "Campana Mozárabe". Museo de Huelva. Consultado el 30 de mayo de 2023. [https://www.museosdeandalucia.es/web/museodehuelva/inicio?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximize\\_d&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.museosdeandalucia.es%2Fweb%2Fmuseodehuelva%2Finicio%3Fp\\_auth%3DQ4smmuac%26\\_p\\_p\\_id%3D3%26p\\_p\\_lifecycle%3D1%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_state\\_rcv%3D1&\\_101\\_](https://www.museosdeandalucia.es/web/museodehuelva/inicio?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximize_d&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.museosdeandalucia.es%2Fweb%2Fmuseodehuelva%2Finicio%3Fp_auth%3DQ4smmuac%26_p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_)

<sup>68</sup> Philip Lieberman y Sheila Blumstein, *Speech Physiology, Speech Perception, and Acoustic Phonetics* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988): 36.

- assetEntryId=2062909&\_101\_type=content&\_101\_urlTitle=campana-mozarabe&redirect=https%3A%2F%2Fwww.museosdeandalucia.es%2Fweb%2Fmuseodehuelva%2Finicio%3Fp\_id%3D3%26p\_p\_lifecycle%3D0%26p\_p\_s\_t\_a\_t\_e\_%3Dm\_a\_x\_i\_m\_i\_z\_e\_d\_%26p\_p\_mode%3Dview%26\_3\_keywords%3Dcampana%26\_3\_struts\_action%3D%252Fsearch%252Fsearch&inheritRedirect=true.
- Chaigne, Antoine y Jean Kergomard. *Acoustics of Musical Instruments*. New York: Springer, 2016.
- Cheng, Jianzheng y Congqing Lan. "Experimental studies on sound and vibration of a two-tone Chinese Peace Bell." *Journal of Sound and Vibration*, 261 (2003): 351-358.
- "Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial". UNESCO, 2003. Consultado el 30 de mayo de 2023. <https://ich.unesco.org/es/convencion>.
- Das Reich der Salier. 1024-1125. Sigmaringa: Jan Thorbeck Verlag, 1992.
- Debut, Vincent, Miguel Carvalho y José Antunes. "Objective estimation of the tuning features of historical carillons." *Applied Acoustics* 101 (2016) pp. 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.07.010>.
- Echevarría Arsuaga, Ana e Iñaki Martín Viso. *La Península Ibérica en la Edad Media (700-1250)*. Madrid: UNED, 2019.
- Estrabón, Walafredo. "De ecclesiasticarum rerum exordiis et incrementis". En *Patrologiae Cursus Completus. Series Latina. Vol. 114*, editado por Jean Paul Migne. Paris: Garnier Fratres, 1879.
- Falla, Manuel de. *La vie brève*. Paris: Max Eschig, 1925.
- Fritz, Jean-Marie. *Paysages sonores du Moyen Âge. Le versant épistémologique*. Paris: Honoré Champion, 2001.
- Fritz, Jean-Marie. *La Cloche et la lyre. Pour une poétique médiévale du paysage sonore*. Genève: Droz, 2011.
- Galland, Bernard. "La cloche romane à décor de rinceaux de l'Hôtel-Dieu du Puy-en-Velay." *Cahiers de la HauteLoire* 19 (2000): 117-150.
- García Benito, Carlos y Raquel Jiménez Pasalodos. "La música enterrada: Historiografía y Metodología de la Arqueología Musical." *Cuadernos de Etnomusicología* 1 (2011): 80-108.
- García Sánchez, María Teresa. "De la ciudad en vibración al ser resonante. Una investigación a propósito de los conciertos de campanas de Llorenç Barber". Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2011. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.12786>.
- Giannakopoulos, Theodoros y Aggelos Pikrakis. *Introduction to Audio Analysis: A MATLAB Approach*. Oxford: Academic Press, 2014. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-03524-7>.
- Gómez-Moreno y Martínez, Manuel. *Iglesias mozárabes. Arte español de los siglos IX a XI*. Madrid: Centro de estudios históricos, 1919.
- Gonon, Thierry. "Les cloches en France au Moyen Âge: étude archéologique et approche historique". Tesis doctoral. Université Lumière - Lyon II, 2002. [http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2002/gonon\\_t#p=0&a=top](http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2002/gonon_t#p=0&a=top).
- González Gomis, José Benjamín. "Manuel de Falla y L'acoustique nouvelle, ¿un caso de pro-  
toespectralismo en el nacionalismo español?". *Anuario Musical* 77 (2022): 149-167. <https://doi.org/10.3989/anuariomusical.2022.77.07>.
- Gutton, Jean-Pierre. *Bruits et sons dans notre histoire: essais sur la reconstitution du paysage sonore*. Paris: Presses Universitaires de France, 2000.
- Hartmann, William M. *Principles of Musical Acoustics*. New York: Springer, 2013.
- Harvey, Jonathan. "Spectralism." *Contemporary Music Review* 19, no. 3 (2000): 11-14. <https://doi.org/10.1080/07494460000640331>.
- Heatlicote, Abigail. "Liberating sounds: philosophical perspectives on the music and writings of Helmut Lachenmann". Tesis doctoral. Durham University, 2003. <http://etheses.dur.ac.uk/4059/>.
- Helmholtz, Helmut von. *On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music*. London: Longmans, Green and Co., 1895.
- Hiebert, Erwin. *The Helmholtz Legacy in Physiological Acoustics*. Cham: Springer International Publishing (Archimedes), 2014. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06602-8>.
- Hübner, Aemilius. *Inscriptiones Hispaniae Christianae*. Berolini: G. Reimerum, 1871.
- Ivorra, Salvador, Benjamín Torres y Alfonso C. Cárcel. "Analysis of the failure and remedial measures taken after the collapse of a historical bell." *Engineering Failure Analysis* 133 (2022): 105950. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105950>.
- Jordan, Pamela. "Sound Experience in Archaeology and Field Investigations: An Approach to Mapping Past Activities through Sound at Mount Lykaion's Sanctuary of Zeus". *Kleos. Amsterdam Bulletin of Ancient Studies and Archaeology* 3 (2020): 9-30.
- "La Campana Laurentina". *Cosinas de Leon*, 2022. Consultado el 30 de mayo de 2023. <http://cosinasdeleon.com/lacampana-laurentina/>.
- Lieberman, Philip y Sheila Blumstein. *Speech physiology, speech perception, and acoustic phonetics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- Llop i Bayo, Francesc. "Campana de basilica visigoda". *Campaners*, 1997. Consultado el 30 de mayo de 2023. <http://campaners.com/php/campanes1.php?numer=394>.
- Louzao Villar, Joseba. "El sonido de las campanas: una aproximación al paisaje sonoro católico en la España contemporánea". *Huarte de San Juan. Geografía e Historia* 25 (2018): 149-171.
- Marcos Villán, Miguel Ángel y Fernando Miguel Hernández. "Arqueología del horno de fundición de campanas del convento de San Francisco Extrapontem de Zamora". En *Las campanas: cultura de un sonido milenario: actas del I Congreso Nacional*, editado por Francisco José Guerrero Caron y Eloy Gómez Pellón, 439-456. Santander: Fundación Marcelino Botín, 1997.
- Martínez Tejera, Artemio M. "La arquitectura cristiana del siglo X en el Reino de León (910-1037): de "Mozárabe" a "Arquitectura de fusión"". *Antigüedad y Cristianismo: Monografías históricas sobre la Antigüedad tardía* 28 (2011): 163-229.
- Matías Díez Alonso, "Las Campanas de León", *Tierras de León (León, Diputación Provincial de León, 1989)*, 18-31.

- Murray Schafer, Raymond. *The new soundscape. A Handbook for the Modern Music Teacher*. Toronto: Berandol Music Limited, 1969.
- Murray Schafer, Raymond. *The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world*. Rochester: Destiny Books, 1977.
- Navarro de la Coba, María Dolores. "Instrumentos musicales encontrados en excavaciones arqueológicas pertenecientes a los siglos IX-XV en el territorio andaluz". Tesis doctoral. Universidad de Granada, 2020. <http://hdl.handle.net/10481/62888>.
- Neri, Elisabetta. *De campanis fundendis*. Milano: Vita e Pensiero, 2006.
- Pancer, Nira. "Le silencement du monde: Paysages sonores au haut Moyen Âge et nouvelle culture aurale". *Annales. Histoire, Sciences Sociales* 72, no. 3 (2017): 659-699. <https://doi.org/10.1017/S0395264918000033>.
- Pérez Marinas, Iván. *Sansón de Córdoba: vida y pensamiento*. Madrid: La Ergástula, 2012.
- Perrin, Robert. "A group theoretical approach to warble in ornamented bells". *Journal of Sound and Vibration* 52 (1977): 307-313.
- Perrin, Robert y T. Charnley. "Group theory and the bell". *Journal of Sound and Vibration* 31, no. 4 (1973): 411-418.
- Perrin, Robert y T. Charnley. "On the RIR modes of the modern English church bell." *Journal of Sound and Vibration* 119, no. 2 (1987): 243-247. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(87\)90452-4](https://doi.org/10.1016/0022-460X(87)90452-4).
- Perrin, Robert, T. Charnley y J. DePont. "Normal modes of the modern English church bell." *Journal of Sound and Vibration* 90, no. 1 (1983): 29-49. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(83\)90401-7](https://doi.org/10.1016/0022-460X(83)90401-7).
- Piazza, Simone. "La campana di Canino al Museo Pio Cristiano. Cronologia, modalità tecnico-esecutive, provenienza, attribuzioni." *Studi romani* 53, no. 3-4 (2004): 426-437.
- Plomp, R. y W. J. M. Levelt. "Tonal Consonance and Critical Bandwidth". *The Journal of the Acoustical Society of America* 38, no. 4 (1965): 548-560. <https://doi.org/10.1121/1.1909741>.
- "Recomendación BS.775-4 (12/2022). Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture". Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2022. Consultado el 30 de mayo de 2023. <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.775/es>.
- Rodríguez, Gerardo, Éric Palazzo y Gisela Coronado Schwindt. *Paisajes Sonoros Medievales. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata*, 2019.
- Rohault de Fleury, Charles. *La messe. Études archéologiques sur ses monuments. Vol. VI*. Paris: Librairie des Imprimeries Réunies, 1988.
- De Rossi, Giovanni Battista. "Campana con epigrafe dedicatoria del secolo incirca ottavo o nono trovata presso Canino". *Bulletino di Archeologia Cristiana* 4, no. 5 (1887): 82-89.
- Rossing, Thomas. D. (ed.). *Springer Handbook of Acoustics*. New York: Springer, 2007.
- Salom, Iva M.; Miomir M. Mijić; Jelena D. Čertić; Dragana S. Šumarac Pavlović y Boris D. Despot. "Subjective evaluation and an objective measure of a church bell sound quality". *Applied Acoustics* 85 (2014): 97-105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.04.012>.
- Schneider, Albrecht y Marc Leman. "Sound, Pitches and Tuning of a Historic Carrillon". En *Studies in Musical Acoustics and Psychoacoustics*, editado por Albrecht Schneider, 247-298. New York: Springer, 2017.
- Sethares, William A. *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*. London: Springer-Verlag, 2005.
- Shen, Sinyan. "Acoustics of Ancient Chinese Bells". *Scientific American* 256, no. 4 (1987): 104-111.
- Simonet, Francisco Javier. *Historia de los mozárabes de España*. Madrid: Real Academia de la Historia, 1903.
- Skeates, Robin y Jo Day. *The Routledge Handbook of Sensory Archaeology*. London: Routledge, 2019.
- Southworth, Michael Frank. "The sonic environment of cities". Trabajo de Master. Massachusetts Institute of Technology, 1967.
- Di Stefano, N. y Spence, C. (2022). "Roughness perception: A multisensory/crossmodal perspective". *Attention, Perception, & Psychophysics*, 84(7), pp. 2087-2114. <https://doi.org/10.3758/s13414-022-02550-y>.
- Di Stefano, Nicola; Peter Vuust y Elvira Brattico. "Consonance and dissonance perception. A critical review of the historical sources, multidisciplinary findings, and main hypotheses". *Physics of Life Reviews* 43 (2022): 273-304. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2022.10.004>.
- Sterne, Jonathan. *The Sound Studies Reader*. Abingdon-on-Thames: Routledge, 2012.
- Truax, Barry. *Acoustic Communication*. Burnaby: Simon Fraser University, 1984.
- Valiere, Jean-Christophe, Estèle Dupuy y Bénédicte Bertholon. "From methodology to archeoacoustics in the time of scripture: Complex dialogue between archaeological evidence, texts from scholars and written mentions". En *Proceedings of the International Congress on Acoustics*, 288-294.
- Vásquez González, María de los Remedios. "La música de Llorenç Barber. El minimalismo de la premodernidad a la posmodernidad". Tesis doctoral. Universidad de Oviedo, 2015. <http://hdl.handle.net/10651/33790>.
- Vera Reina, Manuel. "La iglesia visigoda de Morón de la Frontera (Sevilla)". *SPAL* 8 (1999): 217-239. <http://dx.doi.org/10.12795/spal.1999.i8.12>.
- Visscher, William M.; Albert Migliori; Thomas M. Bell y Robert A. Reinert. "On the normal modes of free vibration of inhomogeneous and anisotropic elastic objects". *The Journal of the Acoustical Society of America* 90, no. 4 (1991): 2154-2162. <https://doi.org/10.1121/1.401643>.
- Zahorik, Pavel. "Spatial Hearing in Rooms and Effects of Reverberation". En *Binaural Hearing*, editado por Ruth Y. Litovsky; Matthew J. Goupell; Richard R. Fay y Arthur N. Popper, 243-280. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57100-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57100-9_9).