

Un modelo inédito de reproducibilidad sonora en musicoterapia pasiva: enfoque metodológico con ratas Wistar en laboratorio clínico como paso previo para su aplicación con neonatos pretérmino

An unprecedented model of sound reproducibility in passive music therapy: methodological approach with Wistar rats in clinical laboratory as a previous step for its application with preterm infants

Emilio Mateu Escribano. Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. Doctorando en el Programa de Artes y Humanidades: Lenguaje y Cultura de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. Es diplomado en Educación Musical por la Universidad Autónoma de Madrid. Graduado en Educación Primaria por la Universidad de Valladolid y Máster Universitario en Creación e Interpretación Musical de la misma universidad en la que se halla desarrollando su doctorado. ORCID: <http://www.orcid.org/0000-0002-5021-8417>

José Antonio Martínez Orgado. Jefe de sección y responsable del Servicio de Neonatología del Hospital Clínico San Carlos de Madrid. Doctor en Medicina por Universidad Autónoma de Madrid. Licenciado en Medicina y Cirugía por la Universidad Complutense de Madrid. Investigador Principal del Grupo de Fisiopatología Neurológica y Terapéutica del Instituto del Niño y del Adolescente, perteneciente al Área de Neurociencias de la Fundación Biomédica (IdISSC) de dicho complejo hospitalario. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4405-3545>

Eugenio García-Calderón Montejo. Director técnico de I.A.G. Calderón S.L. Ingeniero Técnico de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid. Graduado en Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación en la Especialidad en Sonido e Imagen por la misma universidad y Director Técnico de la Empresa de Ingeniería Acústica García-Calderón S.L. con instrumentos de medida acreditados por ENAC¹. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6149-1112>

Artículo recibido: 23/11/2019 – Aceptado: 11/12/2019

Resumen:

Este modelo muestra el proceso de grabación, análisis y reproducción digital de los ruidos emitidos por los dispositivos técnicos que, involucrados en la rehabilitación de neonatos pretérmino² que se hallan en las incubadoras neonatales, provocan un entorno ambiental perjudicial para el desarrollo neurológico de éstos. Por otro lado, se elaboran, graban y mezclan digitalmente en estudio profesional, una suma de composiciones mu-

1. La Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) es la encargada de acreditar laboratorios de calibración y de ensayo, además de entidades de certificación, verificadores medioambientales, entidades de inspección y entidades de ensayo. Recuperado de <https://www.enac.es>

2. La Organización Mundial de la Salud denomina neonato prematuro o pretérmino a todo recién nacido vivo con menos de 37 semanas de gestación en comparación con un embarazo normal que se establece en 40 semanas de duración. Recuperado de https://www.who.int/topics/traditional_medicine/definitions/es

sicales que plantean beneficios sustanciales en dicho desarrollo como elemento de compensación o atenuación sonora³. A su vez, se presenta un enfoque del conjunto de la reproducción sonora para verificar este doble objetivo una vez que los audios de sala y/o musicales producidos respetan el límite ético propuesto como criterio básico de exposición con ratas Wistar⁴ en la investigación de laboratorio planteada. La reproducción sonora de los audios obtenidos ofrece las máximas garantías, tras la validación y acreditación ENAC de los instrumentos de medida utilizados.

Palabras clave:

Ruido; Música; Musicoterapia pasiva; Investigación sonora; Reproducibilidad digital

Abstract:

This model shows the process of recording, analysis and digital reproduction of the noise emitted by technical devices, which involved in the rehabilitation of preterm infants that are in the neonatal incubators, causing an environmental environment detrimental to their neurological development. On the other hand, a set of musical compositions are elaborated, recorded and digitally mixed in a professional studio that offer substantial benefits in this development as an element of compensation or sound attenuation. A joint approach of sound reproduction is presented to verify this double objective once the sound and/or musical audios produced respect the ethical limit proposed as a basic criterion of exposure with Wistar rats in the proposed laboratory research. The sound reproduction of the audios obtained offers the maximum guarantees, after the validation and ENAC accreditation of the measuring instruments used.

Keywords:

Noise; Music; Passive music therapy; Sound research, Digital reproducibility

1. Introducción

En la actualidad asistimos a una realidad verdaderamente sorprendente e inquietante. En España, casi el 10%⁵ de los recién nacidos lo hacen de forma prematura. A pesar del avance espectacular en las últimas décadas en el tratamiento y los cuidados de estos niños, es necesario mejorar y homogeneizar la asistencia de los prematuros y sus familias en nuestras Unidades Neonatales. Parece evidente que la sociedad del siglo XXI, se ve avocada a resolver este gran reto, y en consecuencia, tendrá que hacerlo ofreciendo respuestas viables, responsables y eficaces.

Por una parte, se propone poner el acento en el análisis del microentorno sonoro que ofrecen estas salas, y en concreto, en el rendimiento sonoro de la incubadora Caleo

3. En telecomunicación, se denomina atenuación acústica de una señal, a la pérdida de potencia sufrida por la misma al transitar por cualquier medio de transmisión. La atenuación del sonido o fuente sonora es el reparto de energía de la onda entre un volumen de aire cada vez mayor. En este sentido, las composiciones musicales son utilizadas de forma intencionada para provocar entre otros, un efecto atenuador o enmascarador sobre la fuente sonora o de ruido principal. Recuperado de http://previpedia.es/Atenuacion_acustica

4. La rata Wistar es un animal idóneo para la experimentación en laboratorio clínico, de carácter dócil, albina, con orejas más largas y con la cabeza más ancha que el ratón común. Se pretende experimentar con su organismo el efecto del ruido y la Música como paso previo para su aplicación con neonatos pretérmino. Recuperado de <http://www.la-bome.es/method/Laboratory-Mice-and-Rats.html>

5. Según NENE (Fundación de ayuda al recién nacido con problemas con problemas neurológicos) se ha de enfatizar la asistencia y atención especializada de estos bebés prematuros y sus familias. Recuperado de <https://www.neurologianeonatal.org/padres-derechos-prestaciones>

Dräger® y en los diversos aparatos empleados dentro de una Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) estándar de cualquier centro hospitalario público nacional de referencia, que generando ruido en situación de contexto real son utilizados de forma obligada y complementaria en dicha atención clínica neonatal, manifiestan una serie de evidencias relevantes que deberían mejorarse y a las que necesariamente se ven expuestos estos neonatos pretérmino cuando salen del útero materno.

Y por otra, la reproducibilidad sonora que se presenta a continuación comporta el desarrollo multidisciplinar de tres vertientes específicas y conlleva implícita una propuesta experimental consistente en utilizar la estimulación sonora como eje vertebrador de su intervención desde una doble perspectiva. En primer lugar, proporcionando estimulaciones sonoras previsiblemente positivas o beneficiosas mediante seis composiciones musicales creadas y preparadas a tal efecto para demostrar las bondades que se le presuponen a esta primera línea experimental; y en segundo término, incorporando estimulaciones sonoras previsiblemente negativas o perjudiciales con los seis ruidos más relevantes, que extraídos de los respectivos aparatos más significativos de la UCIN, han sido grabados en formato digital y analizados para que se puedan confirmar igualmente los trastornos o desajustes sustanciales que se presume producirán en esta otra línea experimental.

1.1. Vertiente musical de la propuesta

Tradicionalmente nos interesa el cerco conceptual entre Ciencia y Música. La musicoterapia se define como «la aplicación científica del arte de la música y la danza con finalidad terapéutica» (Poch, 1981). Pero, sobre todo, la musicoterapia es una ciencia porque supone «objetividad, colectividad, repetición y verdad» (Bruscia, 1997). Quizás por ello, el músico impresionista Claude Debussy, definiera la Música como una totalidad de fuerzas dispersas, expresadas en un proceso sonoro que incluía el instrumento, el instrumentista, el creador y su obra, un medio propagador y un sistema receptor (Grout & Palisca, 2006).

El concepto de estimulación musical utilizado en la presente experimentación responde a la versatilidad que ofrece la musicoterapia actual, más concretamente en su modalidad pasiva⁷ en contraste con su homónima la modalidad activa o “música en vivo” (Del Olmo, 2006), donde los audios preparados poseen las máximas garantías de funcionalidad operativa y calidad, a pesar de ser presentado en sistema monofónico, mucho más limitado creativamente⁸.

De esta manera, el sonido reproducido en dicha estimulación sonora quedaría vinculado tecnológicamente a su expresividad, dotándolo de identidad y realismo, pero sobre todo fortaleciendo, a pesar de las limitaciones de este sistema, la relación creatividad-avances tecnológicos como perfectamente asumible, armónica y conveniente (Sánchez Cid, 2006). Derivado de esta potente proyección, se debe entender la Música no solo como

6. Según Dräger. S.A., responsable de su fabricación, el límite del nivel de presión sonora de esta incubadora neonatal se establece en 47 dB A. Recuperado de https://www.draeger.com/es_es/Hospital/Products/Thermoregulation-and-Jaundice-Management/Neonatal-Closed-Care/Caleo

7. La modalidad pasiva o “grabada” como recurso de extraordinaria calidad derivada de los avances tecnológicos e informáticos, equiparando ésta, a la modalidad activa o “música en vivo”. Sería por tanto, como tener las máximas garantías de funcionalidad de la “música en vivo”, pero en formato grabado.

8. El formato monofónico resulta más limitado creativamente respecto de otros formatos más versátiles y completos, tales como el estéreo, envolvente, etc, pues poseen un mayor campo de definición y actuación., pero que dadas las necesidades espaciales de experimentación resulta conveniente por su solvencia.

una forma de energía sonora con componentes físicos que nuestro organismo percibe a través de los sentidos, auditivo, táctil y kinestésico (Del Olmo, 2006), sino que, además, resulta válida, eficaz y eficiente desde una perspectiva vanguardista que se abre camino en una disciplina todavía joven, la musicoterapia, pero mucho más consistente y sofisticada en la actualidad.

Esta propuesta musical se adaptan a los planteamientos, por un lado, del modelo de organización melódica u organización del tono (Peretz & Coltheart, 2003) donde se propone por primera vez un modelo del procesamiento musical debidamente abordado en el plano de la percepción melódica, y por otro, del reciente e innovador experimento clínico para prematuros, donde se utiliza Música, especialmente compuesta para ellos⁹, proponiendo un estudio doble ciego, que financiado en Suiza por la Fundación Nacional de la Ciencia y la Fundación de la Primera Infancia, se ha materializado con éxito dentro de un enfoque de musicoterapia activa.

1.2. Vertiente médica de la propuesta

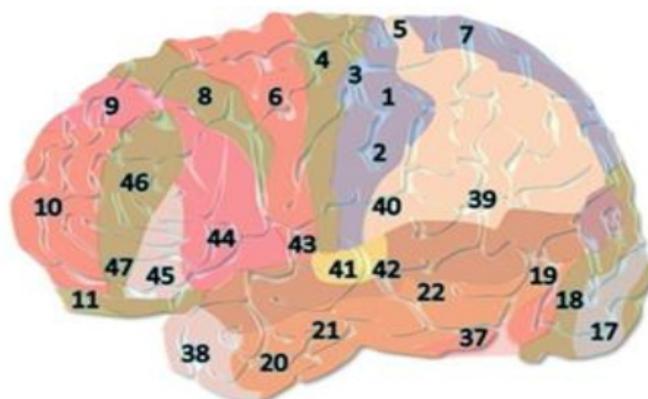
El ruido puede definirse como un sonido sin valor cuya energía acústica audible afecta de manera adversa el buen estado fisiológico o psicológico de las personas (Mendoza-Sánchez *et al.*, 2006). Su efecto puede multiplicarse cuando se trata de neonatos con circunstancias clínicas críticas donde incluso, existe un riesgo auditivo mucho mayor (Moro Serrano *et al.*, 1997), por ser ésta una población extremadamente frágil y vulnerable, y por tanto, con un sistema inmunitario mucho más débil aún. En consecuencia, el objetivo perseguido es valorar adecuadamente su incidencia, y de forma paralela, estimar con la mayor precisión la conveniencia de las estimulaciones musicales propuestas. De esta manera, el recurso principal para el estudio de esta vertiente se anticipa y define a través de la utilización de crías de rata Wistar, cuya característica principal viene detallada por ser una cepa no consanguínea que representa al tercer mamífero en el que se descifra el material genético tras el ser humano y el ratón. Desde el 2004, año en que se reveló que el 90% de los genes de la rata tenían una correspondencia, más o menos evidente con los humanos, su uso como modelo científico contaba ya con cerca de 200 años de historia, y lo convertía en el modelo animal preferido para infinidad de estudios biomédicos.

En su vertiente fisiológica, la Música, como cualquier estímulo acústico, es detectada a nivel coclear y posteriormente la información es conducida a través de la vía auditiva ascendente hacia la corteza auditiva. La vía auditiva aferente involucra a los núcleos cocleares, complejo olivar superior, lemnisco lateral, colículo inferior y núcleo geniculado medial del tálamo (Délano, 2012). Desde el tálamo auditivo existen conexiones directas a la amígdala cerebral que están implicadas en respuestas relacionadas a la emoción que produce un estímulo auditivo (Le Doux *et al.*, 1984). En consecuencia, la corteza auditiva humana se localiza en el giro temporal superior en

9. El estudio utiliza musicoterapia desde la modalidad activa y se consiguen mejorar significativamente la conectividad funcional entre la red prominente y las redes auditiva, sensoriomotora, frontal, tálamo y precuneus de los prematuros estudiados, proporcionando a éstos una organización de redes cerebrales similar a la de los recién nacidos a término. A través de la composición de piezas melódicas (creadas por Andreas Vollenweider, músico de reconocido prestigio comprometido en diferentes causas sociales) que simulan entornos de estimulación agradables y ligados al despertar, acompañamiento al sueño e interacción en el parto, principalmente, de estos neonatos, provocan diferentes ambientes sonoros de ocho minutos cada uno, utilizando instrumentos muy concretos, como el *punji* (flauta india para encantar serpientes), arpa y campanas, obteniendo así resultados sorprendentes en mayo de 2019. Recuperado de https://eurekalert.org/pub_releases/2019-05/udg-mht052719.php

relación a la fisura lateral. Desde un punto de vista histológico, la corteza auditiva primaria (Área 41) se ubica en la región medial del giro de Heschl, justo en la porción anterolateral del mismo plano, mientras que la corteza auditiva secundaria (Área 42) se encuentra lateral al área 41. Posterior al giro de Heschl se encuentra el *Planum Temporale*, que se describe como la corteza auditiva de asociación (Área 22), que basa su participación en el procesamiento de estímulos tanto auditivos como de otras modalidades (Griffiths & Warren, 2002). Todo ello, cuando el sistema auditivo se ve desarrollado de forma completa y no posee ninguna patología auditiva. Véase la Figura 1.

Figura 1. Localización cortical de la Música (áreas 22, 41, 42)



Fuente: Neurovida.com

Con neonatos pretérmino, la evolución auditiva plena se ve interrumpida, por lo que el nivel de desarrollo del aparato auditivo en estos niños y su curva de sensibilidad específica, se referencia a través de unos momentos críticos¹⁰ en la maduración de la audición fetal humana (Barrio Tarnawiecki, 2000). Estos momentos esenciales del desarrollo gestacional son cruciales para dicha evolución auditiva, por lo que se han analizado a la hora de correlacionar de manera concreta éstos, con las composiciones melódicas de las piezas musicales; sobre todo, para provocar la mejor respuesta epigenética¹¹ de todas aquellas esperables, dentro de un elevado margen de neuroestimulaciones musicales, tempranas y posibles.

1.3. Vertiente técnica de la propuesta

Los distintos sonidos que construyen el entorno sonoro en los espacios concebidos para el cuidado de los neonatos, se convierten en estímulos susceptibles de generar distintos efectos fisiológicos en el organismo de los sujetos de experimentación. Por lo que para poder acreditar los valores sonoros existentes en el entorno descrito anteriormente y determinar los focos sonoros representativos del estudio se acomete un registro sonoro pericial objetivo y se aborda el análisis espectral de los ruidos más destacados siendo acreditados con trazabilidad ENAC los certificados de calibración y verificación de los aparatos involucrados en su primera medición (Sonómetro Tipo 1 CESVA SC310 y

10. Principalmente derivada de la maduración de la vía auditiva subcortical ubicada temporalmente del quinto al séptimo mes de desarrollo fetal donde se inicia también, el origen de la maduración de las neuronas como proceso cerebral importante a partir del sexto mes de desarrollo gestacional.

11. Referida a los mecanismos que regulan la expresión de los genes sin modificación alguna en la secuencia del ADN, solo por las influencias genéticas y ambientales de aquellos factores susceptibles que hagan posible una correcta, indicada y conveniente expresión, sobre todo a partir de la semana 24 gestacional.

Calibrador Acústico RION NC74) del laboratorio profesional LACAINAC (Laboratorio de Calibración de Instrumentos Acústicos) de la Universidad Politécnica de Madrid.

Los datos derivados del estudio adquieren mayor relevancia, al evidenciar los resultados obtenidos dónde el nivel de sonido existente dentro de la propia incubadora supera el límite referencial de presión sonora establecido por el propio fabricante, establecido éste en 47 dBA en numerosas bandas de frecuencia entre los 20 y 800 hercios o Hertz¹² (Hz), siendo superado en un elevado número de casos de forma significativa y quedando así definido el registro y caracterización de las curvas senoides¹³ obtenidas en el foco sonoro estudiado, que representa a su vez, el análisis de las ondas sonoras que lo conforman (Cromer,1998).

Desde el punto de vista de la física del sonido, los focos sonoros representativos del estudio poseen la particularidad de que producen ruidos de bajas frecuencias¹⁴ situados en valores ≤ 1000 Hz (Xun Yu et al. 2011) y han sido registrados y grabados directamente en entorno real. En consecuencia, estos focos de ruido se presuponen estímulos aversivos muy activadores, cuya carga emocional negativa permitirá reflejar en los resultados obtenidos los efectos fisiológicos perjudiciales que necesariamente han de recogerse en el organismo de los sujetos de experimentación.

2. Objetivo y metodología

Diferentes organismos, tanto nacionales como internacionales, han ido adquiriendo una mayor sensibilidad sobre el problema de la contaminación acústica y la manera de abordarlo y prevenirlo. Sin duda, el avance tecnológico ha traído consigo un importante incremento de ruido y las manifestaciones clínicas derivadas de su exceso, tienen repercusiones a diferentes niveles (Vacheron 1992; Grumet 1993; Davis 1993; Niemitalo-Hapola et al., 2016; Chawla et al., 2017). En este sentido, resulta fácil imaginar las repercusiones tan perniciosas que pueden llegar a derivarse de las exposiciones al ruido que los neonatos pretérmino sufren al llegar a las UCIN, donde existen múltiples y diferentes focos sonoros o de ruido, que propician un entorno acústico poco favorable para un desarrollo neurológico óptimo (Calikusu Incekar et al., 2017).

En la actualidad, la realidad del entorno tratado evidencia una carencia efectiva de métodos eficaces para reducir estos ruidos derivados del funcionamiento de las UCIN. Diferentes estudios y la propia experiencia aquí presentada acreditan que se generan altos niveles de ruido dentro de las incubadoras encontrándose en estas edades gestacionales numerosos efectos adversos para la salud, incluyendo la pérdida de audición, trastornos del sueño y otras formas de estrés, así como diversas alteraciones en las respuestas fisiológicas de sus signos vitales, tales como la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la presión arterial y la saturación de oxígeno (Jacobs et al., 2000; Trapanotto et al. 2004). Lo cierto es que estos efectos adversos sobre la salud del bebé pueden tener con-

12. El hercio o *hertz* (símbolo Hz) es la unidad de frecuencia del Sistema Internacional de Unidades. Un hercio representa el número de ciclos por cada segundo, entendiéndose *ciclo* como la repetición del suceso.

13. En matemáticas se denomina senoide o senoide a la curva que representa gráficamente a dicha función en sí mediante una curva que describe una oscilación repetitiva y suave.

14. Consideración diferente es la valoración de que estas frecuencias ≤ 1000 hercios representan valores medios desde el punto de vista del espectro audible humano ubicadas entre la primera y cuarta octava, es decir, entre 20 y 320 Hz, considerando el entorno de la quinta como medios graves, con lo que dichas frecuencias pueden también definirse y considerarse desde este punto de vista.

secuencias a posteriori, pudiendo verse claramente comprometida su calidad de vida en un futuro (Chawla et al., 2017; Calikusu Incekar et al., 2017). Además de evidenciar las características del entorno sonoro de los neonatos, con este modelo de reproducibilidad sonora se pretende comprobar si la implementación de neuroestimulación musical en ratas neonatas como paso previo para su aplicación con neonatos pretérmino, puede favorecer una mejora de las condiciones ambientales de las Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales a través de una base científica suficiente que favorezca el neurodesarrollo de estos niños pretérmino.

Desde un punto de vista del proceso metodológico, la grabación de todos estos elementos (Ruidos = R y Música = M), se llevó a cabo en distintas fases, siendo en la primera registrados los entornos sonoros hospitalarios descritos, y en una fase posterior, todo el desarrollo de grabación musical, postproducción y mezcla, llevado a cabo en el estudio profesional de sonido “Producciones Peligrosas” ubicado en la localidad de Peligros de Granada (España). En cuanto a la grabación de los R, inicialmente fueron recogidos con tomas breves (menos de un minuto en todas ellas) en el propio entorno natural, poniéndose en funcionamiento los distintos aparatos tanto de forma individualizada como de forma simultánea, realizando una grabación digital con frecuencia de muestreo estándar a 44.100 Hz y una resolución de 16 bit, con micrófonos tanto direccionales como omnidireccionales, mediante el sistema Zoom H4n. De la misma forma, este material fue llevado al citado estudio de grabación profesional utilizándose para la edición y postproducción de ruidos el sistema Pro-tools HD3 que nos permitió editar y mezclar todo el material. Los seis audios finalmente seleccionados (R1, R 2, R 3, R, R 5 y R 6, véase la Tabla 1), tienen una duración de 10 minutos en formato WAVE¹⁵ y son los mismos para las dos líneas experimentales presentadas.

Tabla 1. Ruidos seleccionados para experimentación sonora

R1 = ubicado de lista inicial en R19. Motor interior de la Incubadora Caleo Draequer (aislado y grabado omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebe) = código 1.
R2 = ubicado de lista inicial en R22. Respirador de transporte Biomed. (grabado omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebe) = código 2B.
R3 = ubicado de lista inicial en R27. Sacaleches Mamivac Sensitive CFH (grabado omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebe) = código 3A1.
R4 = ubicado de lista inicial en R5. Sipap Arabella Hamilton Medical (grabado omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebe) = código 4B.
R5= ubicado de lista inicial en R18. Sistema de Hipotermia (grabado omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebe) = código 5B.
R6 = ubicado de lista inicial en R7. Alto Flujo (grabado

15. Se trata de un archivo de audio sin ningún tipo de compresión, el cual mantiene el 100 % de la calidad del audio original. Es un formato estándar de audio, que almacena datos como la frecuencia de muestreo o el número de pistas. Recuperado de <https://maestraonline.com/2019/02/15/usos-caracteristicas-formato-wav>

omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebe) = código 6B.

Fuente: Elaboración propia

Sobre la afinación de las piezas musicales, la grabación original se realiza con instrumentos musicales afinados a 432 Hz, por entender que se trata de una afinación a la que se le presumen muchas posibilidades todavía sin explorar y contrastar suficientemente. Aunque tiene muchos adeptos en la musicoterapia actual y es utilizada con bastante regularidad (en realidad, cada momento y época históricos ha utilizado la afinación que necesitaba), cierto es, que es una gran desconocida para el gran público y existe poca o nula base científica que la sustente. En consecuencia, para valorar o descartar con seguridad su eficacia, hemos decidido incluirla en este experimento para evaluarla de forma comparativa con respecto a la afinación de 440 Hz establecida internacionalmente por convenio en la primera mitad del siglo pasado. La afinación actual, tiene como base su tono patrón; el “La” del diapasón o de la octava central del piano (sonido que emite 440 ciclos o vibraciones por segundo, es decir, los 440 Hz reglamentados). Esta afinación fue ratificada por la Organización Internacional de Estandarización en norma ISO 16 en el año 1975, después de haberla reafirmado en el anterior congreso de 1955, comprobados los iniciales comienzos de la propuesta original del Instituto Británico de Estandarización que lo solicitaba por primera vez en 1939. Sin embargo, el debate actual se da en torno a si no sería más conveniente emplear un tono patrón de 432 Hz. dado que, según sus defensores, sería éste el tono que concuerda más con una supuesta vibración del universo, y por lo tanto, sería más favorable para mejorar la salud del ser humano. Todo ello, entre otras tantas consideraciones difusas y pseudocientíficas (Rodríguez, 2016) que tienen que ver con esa diferencia de 8 Hz entre ambas. Circunstancia que nos ofrece una gran oportunidad para arrojar algo de luz sobre este respecto, permitiéndonos comprobar su posible utilidad. En conclusión, nos encontramos con una gran oportunidad para comprobar el efecto real entre ambas afinaciones, si es que existe realmente alguna diferencia significativa que pueda reflejarse en los diferentes organismos de las ratas neonatas. Sería muy interesante a nivel científico confirmar (sobre todo, en el estudio histológico posterior) si se registran huellas inequívocas y diferenciadoras derivadas de las correspondientes actuaciones de cada una de estas dos afinaciones en los distintos grupos de experimentación planteados.

En cuanto a la grabación musical, los instrumentos utilizados han sido un piano eléctrico Fender Rhodes (afinado a 432 Hz para la ocasión), guitarra española, guitarra acústica, bajo acústico, violín, viola, batería y varios instrumentos de percusión. Todos ellos sirviendo a una finalidad concreta, el mejor empaste armónico y tímbrico de las melodías de las composiciones musicales, cuyo protagonista principal ha sido el violín elegido principalmente por su tesitura más aguda y expresividad melódica. Como elementos de captación se han utilizado los micrófonos Sennheiser MD 421 y Neuman U87, así como preamplificadores de micrófono MCI JH 400B con transformador de entrada y salida. El sistema de grabación se ha realizado con Protools HD 3 Accel con convertidores Apogee AD/DA 16 (Sánchez & Pacheco, 2018). Para la grabación, se afinaron todos los instrumentos a 432 Hz como frecuencia de referencia, y se usó un sistema digital con una conversión de 44.100 Hz de frecuencia de muestreo (esta frecuencia de muestreo hace referencia a las muestras que se toman por segundo de la onda sonora, es decir, 44.100 muestras por segundo). Y la profundidad de bit, para simplificarlo, es la cantidad de información que se tiene de cada muestra, esto es, a

mayor cantidad de bits se generará una información mejor de esa muestra, y así, más calidad de audio, aunque ambos parámetros influyen en el concepto de calidad de sonido digital.

En consecuencia, 16 bits y 44.100 Hz es un valor de calidad suficiente en el ámbito digital, y aunque existen valores mayores tanto en frecuencia de muestreo como en profundidad de bits que aportarían una mayor precisión en ciertos aspectos, la calidad elegida (la del CD), es suficiente para obtener muestras plenamente representativas sin pérdida. La mezcla de las composiciones musicales se hizo dentro del sistema Protools y sin utilizar una conversión AD/DA (analógico/digital y viceversa) extra, para preservar en la medida de lo posible la mayor pureza del sonido original de los instrumentos. Como ecualizadores, compresores y efectos de reverberación, se usaron varios *plugins*¹⁶ de contrastada calidad profesional. Los 12 audios de Música grabados (M1, M2, M3, M4, M5 y M6), tienen una duración de 10 minutos en formato WAVE, a 432 Hz y a 440 Hz, respectivamente. En general, las seis selecciones compuestas para esta propuesta atienden a un criterio fundamental denominado: *escucha fácil* o “Easy Listening”¹⁷ y poseen denominadores comunes. La sencillez ennoblece todas composiciones creadas. Las estructuras definidas a través de estrofas y estribillos, en general, sin introducciones, sin codas, sin puentes, ni “descansos”, la consonancia melódica, la progresión de los acordes, la base rítmica, etc, nos sumergen en una atmósfera sonora sugerente y apropiada, no por ello infantil, ni ausente de contenido musical.

El ámbito rítmico ha sido asumido por percusiones de mano buscando una tímbrica casi artesanal (maracas y udu) y batería (grabada con un solo micrófono). La estilística rítmica gira en torno al ambiente jazz (jazz vals), el *latín* en formato básico (bossa nova y salsa), pasando por “guiños” al pop melódico y la canción popular infantil. El piano eléctrico Fender Rhodes ha sido optimizado y afinado a 432 Hz, ofrece las melodías de forma percusiva entrechocando mazas con metal, recordando a los instrumentos escolares de placas como el carillón o el metalófono, creando así, una textura sonora eficaz, armónicamente equilibrado con las violas, guitarra española y bajo eléctrico, consiguiendo un efecto global del conjunto completamente empastado y armónico. En el ámbito melódico, todas las melodías giran en un ámbito de quinta. Aunque en algunos momentos se extiendan a una octava y una novena. Los entornos melódicos principales están en ese ámbito de quinta protagonista. Los intervalos más presentes son de segunda mayor y menor por lo que se aprecian a menudo los efectos en la melodía de grados conjuntos, con el fin de aumentar el mencionado efecto *easy listening*. En ocasiones, se aprecia alguna tensión melódica previa al descanso y las conclusiones en el fraseo de alguna de las piezas musicales buscan extender el efecto musical para que pueda ser advertido, y no se provoquen situaciones sonoras monocordes y previsibles, a modo de sorpresas comedidas que no rompen el flujo melódico en ninguno de los casos.

En definitiva, las seis composiciones musicales, indistintamente, son susceptibles de aplicarse a los momentos sustanciales o críticos de los hitos del desarrollo auditivo fetal

16. Un *plugin* es una aplicación que, en un programa informático específico, añade una funcionalidad adicional o una nueva característica al software. Se trata de un complemento que añade mayor eficacia y dinamismo a la tarea. Recuperado de <https://wpavanzado.com/que-es-un-plugin>

17. El *Easy Listening* es un término adoptado de la lengua inglesa que significa ‘fácil escucha’ o ‘audición fácil’, con el que se designa un tipo de música popular que se caracteriza por tener melodías sencillas, pegadizas y relajantes. Su armonización e instrumentación son también sencillos. Recuperado de https://onlineradiobox.com/es/genre/easy_listening

(Barrio Tarnawiecki, 2000) ubicándose éstas (por sus características rítmico-musicales), a partir de la semana 24 de gestación, por cada uno de ellos. En torno al quinto mes de evolución gestacional comienza el desarrollo de la vía subcortical del sistema auditivo, iniciándose la maduración de las neuronas sobre el sexto mes como proceso cerebral decisivo y originándose a partir del octavo, la maduración de la corteza auditiva y mielinización axonal de forma progresiva, cuyo desarrollo finalizará posteriormente en la etapa postnatal. En conclusión, y siguiendo estas premisas gestacionales, se ubican la Música 1 denominada “Ángela” = M1, Música 2 denominada “Nino” = M2, Música 3 denominada “Zarza” = M3, Música 4 denominada “Abeja” = M4, Música 5 denominada “Luna” = M5 y Música 6 denominada “Bossa” = M6 con las características rítmico-musicales que se indican en la Tabla 2, y correlacionado cada una de ellas por su conveniencia estimuladora musical como se indica en la Tabla 3.

Tabla 2. Características de las composiciones musicales

CANCIÓN	RITMO	MELODÍA	ARMONÍA	ESTRUCTURA	INSTRUMENTACIÓN
ANGELA	JAZZ WALTZ COMPÁS 3/4	AMBITO de 5ª (SOL 6 – RE 7) 3136,2 a 4700,4 hz	EN A: SOLm/RE EN B: DOm/REm/Mib/FA/SOL	FORMA A - B	VIOLIN PIANO RHODES GUITARRA ACÚSTICA
NINO	BALADA COMPÁS 4/4	AMBITO de 8ª (RE 6 – MI 7) 2350,2 a 5275,4 hz	EN A: REm/SOLm/DO/FA/MIm REm/LA/Rem EN B: DO7/FA/DO7/FA/DO7/ FA/REm/MI/LAmaj7	FORMA A - B	VIOLINES GUITARRA ACÚSTICA
ZARZA	LATIN COMPÁS 4/4	AMBITO de 7ª (MI 6 – RE 7) 2637,7 a 4700,4 hz	REm7/SOL7 DOmaj7/SOL7	FORMA A - A'	VIOLIN PIANO RHODES BATERIA PERCUSIÓN
ABEJA	BALADA ROMÁNTICA COMPÁS 4/4	AMBITO de 11ª (FAH 5 – SI 6) 1480,2 a 3950,5 hz	LA/RE/MI/LA FA#/Sim/SI7/MI	FORMA Variaciones A - A' - A''...	VIOLINES PIANO RHODES GUITARRA CLÁSICA
LUNA	POP COMPÁS 4/4	AMBITO de 7ª (RE 6 – DO 7) 2350,2 a 4188,1 hz	EN A: REm/A EN B: SOLm/DO/FA/REm/MIm LA/REm	FORMA INTRO - A - B	VIOLINES PIANO RHODES BAJO ACÚSTICO BATERIA
BOSSA	BOSSA NOVA COMPÁS 4/4	AMBITO de 5ª (SI 5 – FAH 6) 1975,2 a 2960,4 hz	LAmaj7/Sim/MI/LAmaj7 Sim/DO#m/DO/Sim/MI/ LAmaj7/MI	FORMA A	PIANO RHODES GUITARRA CLÁSICA PERCUSIÓN BAJO ACÚSTICO

Tabla 3. Correspondencia entre piezas musicales y edad gestacional

M1 (ÁNGELA)	SEMANA 24 a 26
M2 (NINO)	SEMANA 26 a 28
M3 (ZARZA)	SEMANA 28 a 30
M4 (ABEJA)	SEMANA 30 a 32
M5 (LUNA)	SEMANA 32 a 34
M6 (BOSSA)	SEMANA 34 a 36

Fuente: Elaboración propia

Se repite el mismo procedimiento para los audios de mezcla con R-M por tercera vez con idéntico procedimiento. Por tanto, los 72 (36 + 36) audios Ruido-Música grabados

con dicho filtro vienen representados en la tabla 04 con una duración de 10 minutos en formato WAVE, consiguiendo 36 audios a 432 hz, y 36 audios a 440 hz, dispuestos para cada línea experimental, respectivamente (Véase la Tabla 4).

Tabla 4. 36 audios de Ruido-Música

R1-M1	R1-M2	R1-M3	R1-M4	R1-M5	R1-M6
R2-M1	R2-M2	R2-M3	R2-M4	R2-M5	R2-M6
R3-M1	R3-M2	R3-M3	R3-M4	R3-M5	R3-M6
R4-M1	R4-M2	R4-M3	R4-M4	R4-M5	R4-M6
R5-M1	R5-M2	R5-M3	R5-M4	R5-M5	R5-M6
R6-M1	R6-M2	R6-M3	R6-M4	R6-M5	R6-M6

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se comprueba si el nivel de presión sonora de todos los audios preparados al efecto, cumplen con el límite ético establecido en un abanico aproximado de entre 57,8 dBA y 60 dBA del experimento. Para ello, se procede a realizar en laboratorio clínico una campaña de medidas que aseguran que la reproducibilidad está garantizada, al comparar los niveles de ruido grabados y reproducidos en la jaula o mesa de experimentación homologada de ratas neonatas, en comparación con los ruidos que realmente existen en las incubadoras neonatales. De la misma forma, se evalúa si los niveles sonoros de audio musicales son comparables a los niveles de ruido producidos por las incubadoras, y por último, si el sistema de reproducción de audio (amplificador mono TC9FD18-08, reproductor Shanling M0 de alta gama y altavoz mono TC9FD18-08) utilizado en la jaula de experimentación, genera para todos los registros de audio empleados en el experimento, niveles sonoros que no superan el límite ético de experimentación exigido. Dicho límite ético se analizó y determinó, una vez grabados, analizados y estudiados todos los focos sonoros de la UCIN, ubicándose, en el menor valor de presión sonora de todos ellos, que susceptibles de generar ruido, resultaban imprescindibles y necesarios para configurar con la mayor precisión el ambiente sonoro de este entorno obligado para los neonatos pretérmino. En cuanto a la jaula de experimentación, se ha fabricado en metacrilato (PMMA) con características técnicas similares al Policarbonato transparente que conforma la canopia de las incubadoras neonatales, respetando unas condiciones de homologación estándar en tamaño reducido validado para la experimentación con animales de laboratorio. Este procedimiento es compatible, equiparable y aplicable para poder extrapolar los resultados obtenidos a las circunstancias propias que definen y configuran su aplicación con bebés pretérmino.

Todo este proceso se corresponde con la fase final de reproducibilidad sonora aquí presentada, con lo que todo queda ajustado y preparado para su implementación en la fase de experimentación con ratas neonatas de laboratorio.

En conclusión, se reproducen todos los audios (referidos a los R, M-432, M-440 y R-M de todos los ruidos con las composiciones musicales en ambas afinaciones) en la jaula experimental y se registran los niveles sonoros LAeq cada 1s, mediante un sonómetro con grado de precisión tipo 1 calibrado con trazabilidad ENAC. Se comprueba que, a partir de esos registros de niveles sonoros, todos los audios tienen un denominador común; el valor promedio de 60 dBA (LAeq 1minuto). Dicho nivel sonoro de LAeq = 60 dBA se ha considerado previamente como el nivel sonoro de límite ético al cual

estarán expuestas las ratas neonatas durante el tiempo de exposición definido para cada día en los diferentes grupos de experimentación.

3. Resultados

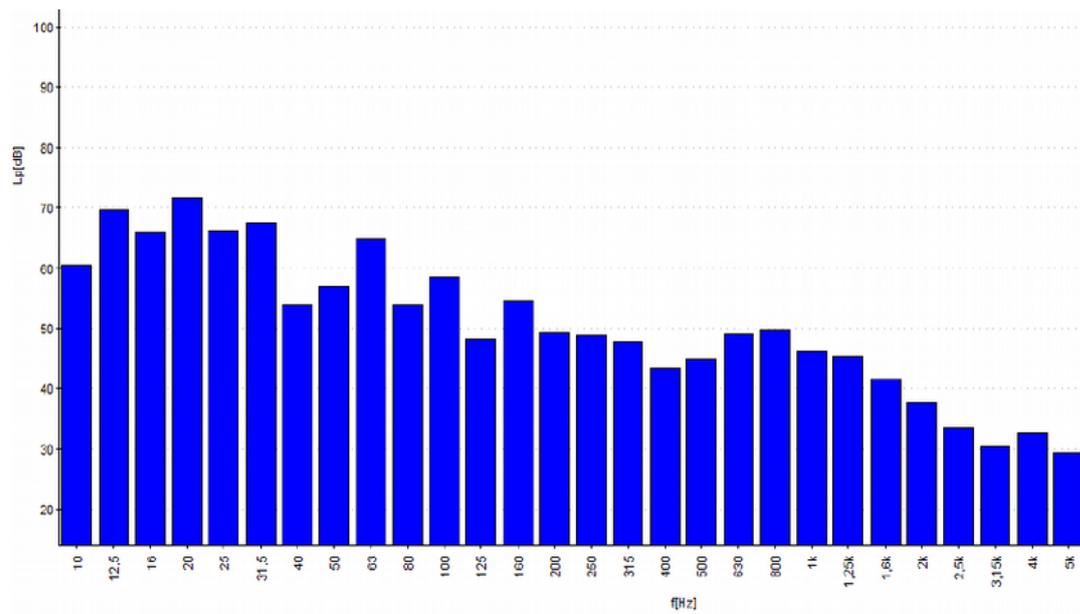
A modo ilustrativo, de todos los registros obtenidos, se muestra como dato relevante, que el ruido producido por el motor interior de la incubadora neonatal (I. Caleo Dräger) de la sala anexa de la UCIN estudiada, es significativamente más intenso dentro (dígito 33) de la canopia de la propia incubadora que fuera de ella (dígito 34) (Véase la Tabla 5). Para visualizar gráficamente este hecho técnico, se incorporan los gráficos de barras correspondientes sobre Frecuencia-Intensidad (Véanse las Figuras 2 y 3) respectivamente, a fin de aportar mayor claridad a los datos expuestos. Dato más relevante aún, conscientes que el límite de presión sonora de esta máquina lo establece su fabricante en 47 dBA.

Tabla 5. Presión Sonora-Frecuencia dentro (dígito 33) - fuera (dígito 34)
I. Caleo Dräger

	33	34
20Hz	71,6	68,2
25	66,2	63,1
31,5	67,4	65,1
40	53,9	54,2
50	56,9	47,3
63	64,7	49,9
80	53,8	47,8
100	58,4	54,1
125	48,2	44,0
160	54,5	46,1
200	49,2	48,7
250	48,7	48,6
315	47,8	46,9
400	43,3	45,8
500	45,0	49,9
630	48,9	48,8
800	49,8	47,5
1000	46,1	44,1
1250	45,3	42,3
1600	41,5	41,1
2000	37,6	39,4
2500	33,7	35,5
3150	30,3	36,0
4000	32,6	32,0
5000	29,4	28,6

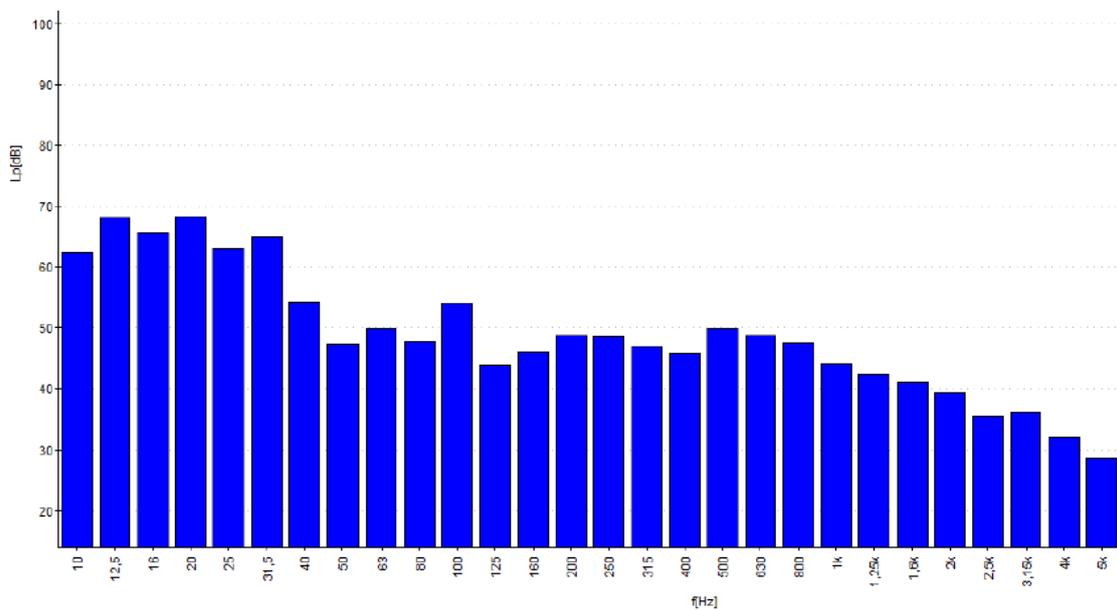
Fuente: Garreta Gutiérrez-Solana, F. (2019)

Figura 2. Gráfico del Nivel de Presión Sonora-Frecuencia dentro de I. Caleo Draguer



Fuente: Garreta Gutiérrez-Solana, F. (2019)

Figura 3. Gráfico del Nivel de Presión Sonora-Frecuencia fuera de I. Caleo Draguer

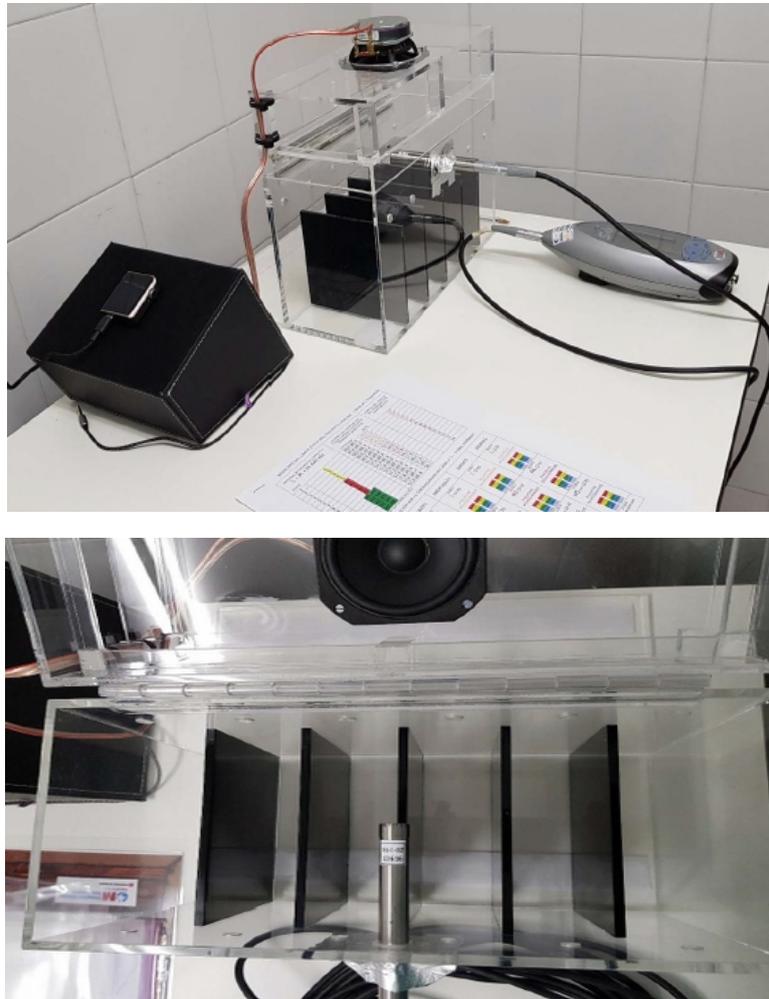


Fuente: Garreta Gutiérrez-Solana, F. (2019)

Todo el conjunto de reproducibilidad sonora final se realiza con sonómetro tipo 1 modelo SOLO, con micrófono MCE-212, preamplificador PRE-21S y su correspondiente software de acústica para la adquisición y postprocesamiento de datos dBTRAIT32 de la firma 01dB, materializando técnicamente las mediciones obtenidas a partir: de los diferentes registros de audio de los ruidos existentes y referidos al interior de las incubadoras neonatales, así como de las composiciones musicales creadas y de los registros de ruido apuntados en dichas incubadoras mezclados con las

composiciones musicales apuntadas. Véase la Figura 4, donde se aprecia el sistema de captación y verificación utilizado en la confirmación de las medidas preestablecidas para validar el sistema de reproducción de audio empleado, dando lugar a la estimación del conjunto de reproducibilidad sonora ofrecido.

Figura 4. Sistema de reproducibilidad sonora final



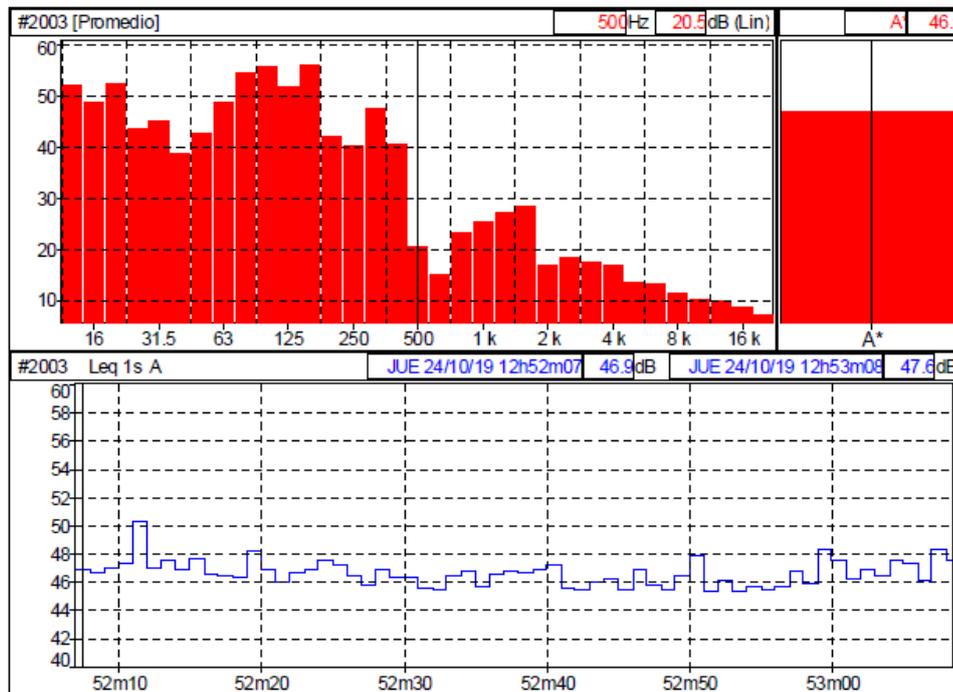
Fuente: García-Calderón Montejo, E. (2019)

3.1. Resultados de registros de audio establecidos

Mediante las siguientes figuras de registro se ilustran y analizan los resultados de la primera fase de audio, donde se muestran algunos ejemplos representativos de los registros de audio concretos y el volumen reflejado por el valor numérico de la *interface* del reproductor Shanling M0 para garantizar el cumplimiento del límite ético establecido y previamente fijado en abanico aproximado de $57,8 \text{ dBA} \pm 60 \text{ dBA}$. Véanse los gráficos de nivel de presión sonora de la Figura 5 (Silencio), Figura 6 (R1), Figura 7 (M1 432), Figura 8 (M1 440), y Figura 9 (R1- M1 440).

Figura 5. Gráfico de Presión Sonora-Silencio (no procede reproductor Shanling M0)

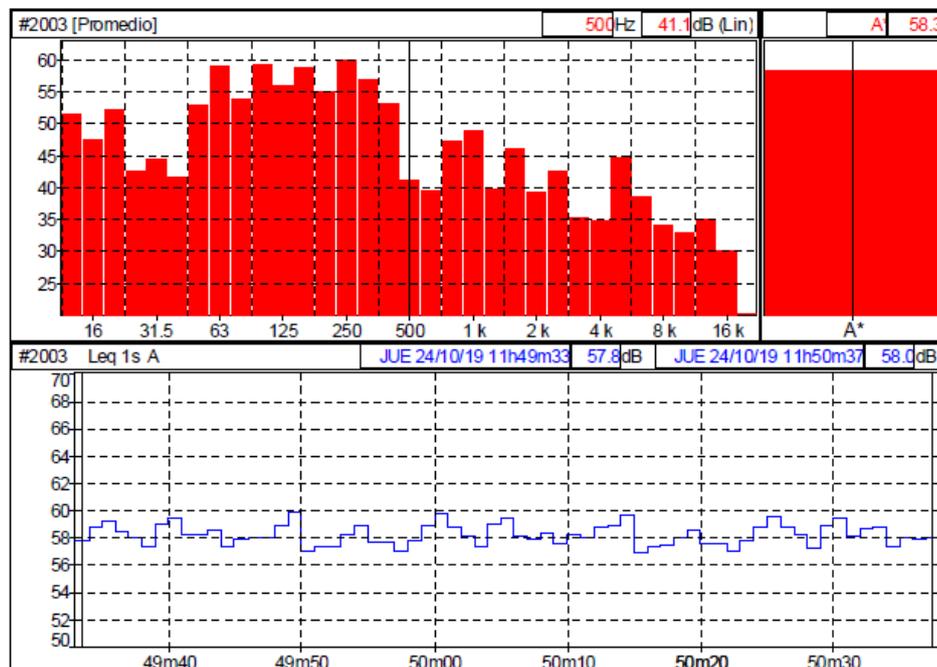
Registro de audio: S
 Volumen: No procede (valoración del ruido de fondo)



Fuente: García-Calderón Montejo, E. (2019)

Figura 6. Gráfico de Presión Sonora-R1 (volumen: 45 - reproductor Shanling M0)

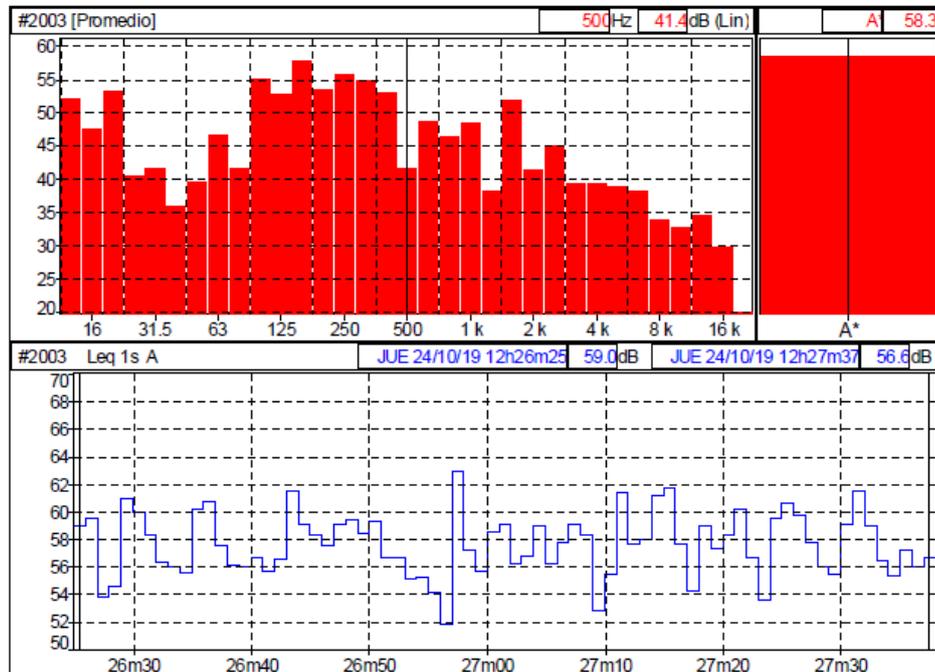
Registro de audio: R1
 Volumen: 45



Fuente: García-Calderón Montejo, E. (2019)

Figura 7. Gráfico de Presión Sonora-M1 432 (volumen:16 - reproductor Shanling M0)

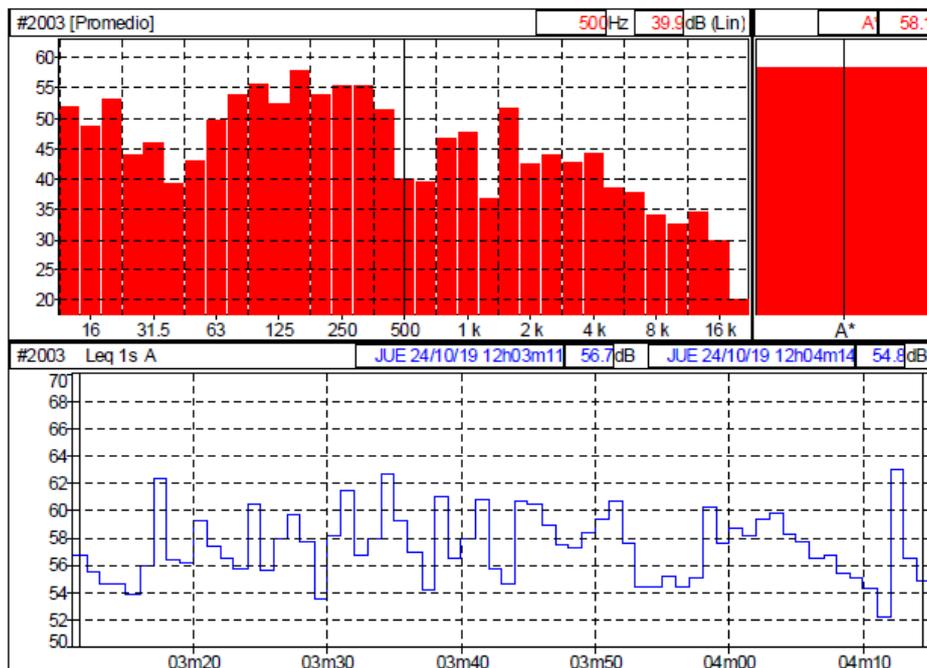
Registro de audio: M1 432
Volumen: 16



Fuente: García-Calderón Montejo, E. (2019)

Figura 8. Gráfico de Presión Sonora-M1 440 (volumen:16 - reproductor Shanling M0)

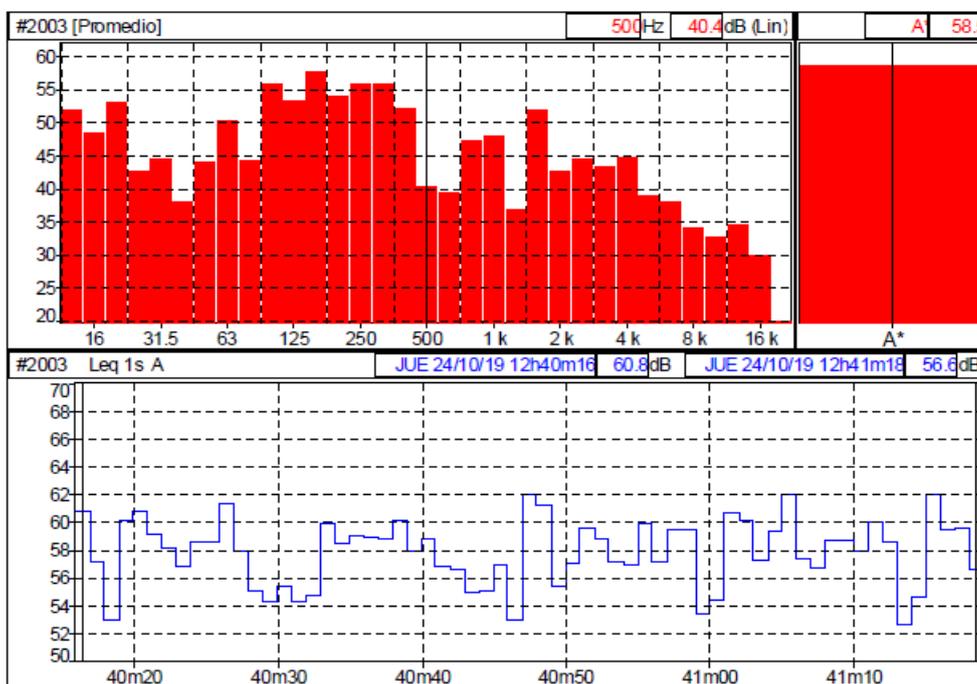
Registro de audio: M1 440
Volumen: 16



Fuente: *García-Calderón Montejo, E. (2019)*

Figura 9. Gráfico de Presión Sonora -R1M1 440 (volumen:16-reproductor Shanling M0)

Registro de audio: R1M1- 440
Volumen: 16



Fuente: *García-Calderón Montejo, E. (2019)*

3.1.1. Ruido y Música integrados versus efecto enmascarador real de la Música

De los registros de audio obtenidos se observa como valor fundamental, que los resultados de M1 432 de la Figura 7, M1 440 de la Figura 8 y R1- M1 440 de la Figura 9, respectivamente, son análogos, pues sus correspondientes gráficas expresan valores muy similares al mismo nivel de actuación del reproductor utilizado. Esto se provoca intencionadamente por un efecto donde la Música en la grabación de dicho audio integrado junto al Ruido, se ha grabado a un nivel ligeramente superior respecto del segundo, de tal forma, que el R1 mezclado al mismo tiempo con M1 en cualquiera de sus afinaciones, parece estar refiriendo una despreciable percepción respecto de su nivel de presión sonora. Esto supone, que éste, al estar grabado a un nivel inferior respecto a la Música, podría poner en valor la consideración errónea de que se está viendo neutralizado. Sin embargo, esto no es suficiente. Para definirlo convenientemente, quedaría por confirmar el poder enmascarador real de la Música frente al Ruido a través de dos fuentes independientes; una, el R1, y otra, la M1 432 o M1 440, que, establecidas en el mismo nivel de grabación, actuaran simultáneamente al tiempo que se toma registro con sonómetro de trazabilidad ENAC. Por extensión, de ser así, dicha circunstancia se podría extrapolar al propio contexto ambiental de la incubadora, considerando válido y real, el efecto enmascarador de la Música, que, con un nivel de presión sonora igual que el propio R1 que genera el motor de su interior, produciría el consecuente beneficio para los neonatos que se encuentran dentro de ella por tiempos prolongados. Por supuesto, siempre respetando el límite ético establecido, y considerándose éste, un planteamiento prospectivo no comprobado.

4. Discusión o conclusiones

En primer lugar, resulta muy destacable y sería oportuno profundizar en los niveles obtenidos en las frecuencias de 63, 100 y 160 Hz que se aprecian dentro la incubadora a través de la Figura 2 ya que son niveles muy elevados todavía en frecuencias que pueden resultar muy perturbadoras y nocivas para estos niños. Por otro lado, aunque los niveles de presión sonora siguen siendo altos fuera de la incubadora, como así se desprende del gráfico de barras de la Figura 3, también es cierto, que la incubadora está siendo eficaz al reducir considerablemente el margen entre 50 y 125 Hz, lo que rompe en parte el argumento base, y que refleja con claridad el efecto amplificador en el margen de estas frecuencias dentro de la máquina, precisamente por las características técnicas del propio material de policarbonato que lo conforma, así como de diversas refracciones provocadas principalmente por las ondas estacionarias que se derivan del diseño no absorbente de las paredes paralelas de la propia canopia de la incubadora.

Es oportuno destacar, que el margen espectral y el nivel de presión sonora desde los 630 Hz, dentro y fuera de la incubadora, es prácticamente el mismo, siendo incluso mayor dentro de la incubadora en algunas frecuencias. Es relevante apuntarlo pues la finalidad inicial del estudio se centra significativamente en las frecuencias graves, y se está poniendo de manifiesto, que este tipo de frecuencias altas también puede resultar tan dañino o más, que la banda de graves. No obstante, de aquí se podría proponer otra investigación con la intención de encontrar posibles respuestas a la más que probable pérdida auditiva en agudos de los adultos que estuvieron sometidos de forma prolongada en su etapa gestacional al entorno ambiental de estas características.

Inciendo en los datos recogidos, las comparativas del nivel de presión sonora dentro y fuera de la maquina incubadora (ruido del aparato nº19 (motor interior de la incubadora) = Ruido 1 seleccionado o R1) muestran un fuerte paralelismo aminorando a medida que se eleva la frecuencia, pero lo relevante, es que dichos valores recogidos en este R1 dentro de la incubadora (a la altura donde se sitúa la cabeza del bebé) son mayores que fuera de su canopia, lo que significa que se está produciendo un importante efecto amplificador, cuestión por otro lado, ya cotejada en las patentes estudiadas al respecto ((Xun Yu et al. 2011).

Sin entrar a comentar las posibilidades de la ANC (Active Noise Cancellation) pues se trata de un debate que ahora no nos ocupa, de los distintos resultados observados podemos concluir que, este modelo de reproducibilidad sonora tiene los elementos suficientes para aportar solvencia con respecto a la iniciativa de poder ofrecer estimulación musical (independientemente de su afinación) a estos niños prematuros en las UCIN. Sin embargo, mientras no haya resultados definitivos no podrá aseverarse el resultado de la investigación, aunque el estudio previo permita una valoración prospectiva positiva donde se puede imaginar una actuación neutralizadora regular y permanente de estos ruidos, así como que estas composiciones musicales se muestren capaces de compensar el efecto nocivo de estos dispositivos técnicos neonatales de los que no se puede prescindir.

Un aspecto interesante de discusión, deriva del posible efecto amplificador de los ruidos dentro de la canopia de la incubadora Caleo Draguer (problema que padecen los neonatos pretérmino de la UCIN analizada), con lo que se estaría aumentando el efecto

perjudicial¹⁸. Dicho efecto no tiene por qué ocurrir, pero si lo hiciera y pudiera incorporarse la Música como elemento neutralizador¹⁹, nunca se elevaría por encima del abanico aproximado de 57,8 dBA a 60 dBA (Nivel de presión sonora máxima establecida como límite ético de experimentación en laboratorio clínico para ratas neonatas Wistar, derivada del resultado mínimo conseguido del conjunto de medidas obtenidas de los diferentes aparatos técnicos de atención neonatal estudiados en la UCIN). Por tanto, en la medición y registro de este R1, los valores de frecuencia son precisamente los más perjudiciales, pero a la vez, los más cancelables de forma activa (Xun Yu et al. 2009) pues desarrollan un LAFmax (respuesta más representativa ponderada A que se ha encontrado durante ese periodo de medición) a 57,8 dBA con su pico más alto a 71,6 dBA a 20 Hz, claramente cancelable de forma activa.

Otro elemento de discusión abordable viene referido a las dos formas de intervención: *música en vivo* o musicoterapia activa y/o *música grabada* o musicoterapia pasiva (Del Olmo, 2009). En la actualidad sabemos que la primera es la más utilizada. Sin embargo, estamos convencidos de que el sistema de reproducibilidad que ahora se propone en este modelo de musicoterapia pasiva tiene las máximas garantías y se haya a la altura de su homónima. Apoyados por una tecnología puntera con desarrollos informáticos altamente avanzados²⁰, se puede asegurar la misma calidad y calidez de escucha que ofrece la “música en vivo”. No obstante, necesariamente se descarta la interacción humana en ese intercambio. Cuestión por otro lado que puede ser asumida por otros modelos complementarios.

En definitiva, es la misma forma de energía sonora, con los mismos componentes físicos, por los cuales, el organismo de los roedores y el nuestro propio, percibe a través de los sentidos, auditivo, táctil y kinestésico. Cuando se escucha música, el cuerpo responde organizadamente. Diferentes estudios demuestran resultados sobre la influencia de la escucha musical en el movimiento organizado, conectando cuerpo y movimiento a través del ritmo, y respondiendo de forma comprometida a timbres, frecuencias e intensidades. El uso terapéutico de la música no arroja dudas, la música no sólo la oímos y sentimos, sino que la llevamos, es decir, nos penetra y acompaña, formando parte de nosotros mismos. Con esa sólida influencia, es más fácil que su poder activador nos invada y consiga desarrollar nuestro mejor potencial. Es verdaderamente sorprendente ese poder, aunque trabaje en espacios pequeños, consigue dar estabilidad a nuestros más escondidos rincones subcorticales, asegurando ese refuerzo a largo plazo. Es decir, la Música es mágica, siempre acude a ayudarnos y lo hace, aunque nosotros no pongamos consciencia sobre ello (Sacks, 2007).

18. Existe evidencia científica contrastada de los efectos perjudiciales del Ruido de las UCIN en el desarrollo neurológico, pues influye negativa y directamente sobre el dolor de los recién nacidos prematuros. Almadhoob, A. y Ohlsson, A (2015): analizan el impacto de los ruidos de la UCIN en el dolor de recién nacidos prematuros de muy bajo peso al nacer a través de una revisión sistemática de diferentes estudios. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25633155>

19. Existe evidencia científica contrastada de la efectividad de la Música como recurso beneficioso para el desarrollo neurológico pues actúa directamente sobre el dolor en los recién nacidos prematuros. Pölkki, T. y Korhonen, A. (2012): analizan el impacto de la Música en el dolor de los neonatos prematuros a través de una revisión sistemática de diferentes estudios. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25633155>

20. Existen programas informáticos con herramientas avanzadas para crear mezclas envolventes con hasta 384 pistas de audio como el Pro Tools Ultimate con multitud de plugins de una calidad extraordinaria. Recuperado de <https://www.avid.com/pro-tools-ultimate>

Por último, quedaría discutir, derivado de las futuras estimulaciones musicales en el experimento de laboratorio clínico con ratas neonatas Wistar, si existen diferencias sustanciales entre la aplicación real con Mu 440 Hz y Mu 432 Hz para estimar convenientemente la validez, eficacia y eficiencia de ambas estimulaciones. Es necesario mantener la prudencia, por lo que no se puede aseverar en este momento que la música afinada a 432 Hz pueda resultar una estimulación más consistente, eficaz, intensa y asimilable por el organismo del animal, porque provoca una incidencia más positiva y con mayor influencia que la preparada a 440 Hz. Sería completamente excesivo y equivocado. No obstante, de ser así, tampoco nos sorprendería, pues, parafraseando a Sacks, "...aunque la Música también encierra monstruos, y pequeños gusanos musicales pueden hacernos enloquecer, podemos encontrarnos sin aviso, con un relato nuevo de música y cerebro, lo que supondría sin duda, otra verdadera revolución".

5. Referencias bibliográficas

- Almadhoob, A. & Ohlsson, A. (2015). *Manejo de la reducción del ruido en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales para recién nacidos prematuros o de muy bajo peso al nacer: una revisión sistémica*. Cochrane Database Syst. Rev.; 1: CD010333, 30 enero. DOI: 10.1002/14651858.CD010333.pub2.
- Barrio Tarnawiecki, C. (2000). Desarrollo de la percepción auditiva fetal: La estimulación prenatal. *Pediátrica: Temas de revisión*. 2 (3), 11-15.
- Bruscia, K.E. (1997). *Definiendo Musicoterapia*. Salamanca, España: Amaru. P.
- Calikusu Incekar *et al.* (2017). Ruido en las unidades de cuidados intensivos neonatales. *Revista de Educación e Investigación en Enfermería*, 2, 14
- Chawla, S. *et al.* (2017). Un estudio observacional de reducción de ruido dirigido a reducir el ruido en una Unidad Intensiva Neonatal. *J. Perinatol.*
- Cromer, A.H. (1998). *Física en la ciencia y en la industria*. Madrid, España: Editorial Reverté
- Davis, J.E. (1993). Unidad de cuidado crítico: ruido y ojo rápido. *Movimiento (REM)*. *Unidad de sueño, corazón y pulmón*. 22 (3). 252-258.
- Délano, P.H. (2012). *Sistema auditivo central*. *Atlas de cirugía otológica y otología mágica*. Volumen 1. Hermanos Jaypee. Ed. M.V. Goycoolea, pp. 77-84.
- Del Olmo, M.J. (2009). *Musicoterapia con bebés de 0 a 6 meses en cuidados intensivos pediátricos*. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias de Medicina. Madrid, España: UAM
- Griffiths, T.D. & Warren, J.D. (2002). El Planum Temporale como centro computacional de estímulos. *Trends Neurosci*, 25, 348-53.

- Grout, D. & Palisca, C.V. (2001). *Historia de la música occidental: la música europea desde la década de 1870 hasta la Primera Guerra Mundial*. Madrid, España: Alianza Música.
- Grumet, GW. MD. (1993). Resonancia: Pandemonium en el hospital moderno. *N Engl J Med*. 328 (6), 433-437.
- Jacobs, S.E., O'Brien, K., Inwood, S., Kelly, E. N. & Whyte, H.E. (2000). Resultado en los bebés de 23 a 26 semanas de gestación antes y después del ruido. *Acta Pediátrica*, 89, 959-965.
- Le Doux, J.E., Sakaguchi, A. & Reis, D. (1984). Las proyecciones eferentes subcorticales del núcleo geniculado medial mediante las respuestas emocionales condicionadas a los estímulos acústicos. *Journal Neurosci*, 4, 683-98.
- Mendoza-Sánchez, R.S., Roque-Sánchez, R.H. & Moncada-González, B. (2006). Nivel de ruido en una institución hospitalaria de asistencia y docencia. *Laboratorio de Inmunología. Facultad de Medicina de UASLP. Gaceta Médica*, 2, 127.
- Moro Serrano, M., Almenar Latorre, A. & Sánchez Sainz-Trápaga C. (1997). Detección precoz de la sordera en la infancia. *Servicio de Neonatología - Departamento de Pediatría. Unidad Neonatal de Screening Auditivo del Hospital Universitario San Carlos. Universidad Complutense de Madrid. Revista de Pediatría*, 6 (46), 534-537.
- Niemitalo-Haapola, E., Haapala, S., Raappana, A., Kujala, T., Suominen, K., Jansson-Verkasalo, E., & Kujala, T. (2016). Influencia a largo plazo de la otitis media aguda recurrente en la neural involuntaria. Cambio de atención en niños de 2 años. *Funciones conductuales y cerebrales*, 12, 1.
- Peretz I, & Coltheart, M. (2003). *Modularidad del procesamiento de la música*. *Nature Neuroscience*, 6 (7) 688-91.
- Poch, S. (1981). Musicoterapia. *Boletín de la Sociedad Española de Pedagogía Musical*, 2, 29.
- Pölkki, T. & Korhonen, A. (2012). La efectividad de la música sobre el dolor en los recién nacidos prematuros en la unidad de cuidados intensivos neonatales: una revisión sistemática. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25633155>.
- Rodríguez, N. (2016). Nazis y afinación. *Revista Sinfonía Virtual*, 31. Recuperado de http://www.sinfoniavirtual.com/revista/031/nazis_afinacion.php
- Sacks, O. (2007). *Musicophilia. Cuentos de la música y el cerebro*. Londres, UK:Picador
- Sánchez Cid, M. (2006). *Capacidad comunicativa del sonido envolvente 5.1 en la producción publicitaria radiofónica en España*. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias de la Comunicación, URJC.

- Sánchez, J.A. & Pacheco I. (2018). *Elementos básicos de la psico-música aplicada a la grabación digital con Pro-tools HD3*. Recuperado de <https://empresite.eleconomista.es/PRODUCCIONES-PELIGROSAS.html>
- Trapanotto, M., Benini, F., Farina, M., Gobber, D., Magnavita, V., & Zacchello, F. (2004). Reactividad conductual y fisiológica al ruido en el recién nacido. *Revista de Pediatría*, 40, 275-281.
- Vacheron A. (1992). Efectos cardiovasculares y ruido. *Boletín de la Academia Nacional de Medicina*, 176 (3), 387-392.
- Xun Yu, L., et al. (2009). *Sistema multicanal de control activo de ruido en tiempo real para incubadoras infantiles*. 31ª Conferencia Internacional Anual del IEEE EMBS. Minneapolis, Minnesota. 2-6 septiembre, EEUU, 935-938.
- Xun Yu, L., et al. (2011). *Una incubadora neonatal con características de cancelación del sonido para minimizar lesiones al recién nacido*. Patente número US20140003614A1. Oficina de Patentes, EEUU. Recuperado de <https://www.ificlaims.com>

HOW TO CITE (APA 6ª)

Mateu Escribano, E., Martínez Orgado, J.A & García-Calderón Montejó, E. (2019). Un modelo inédito de reproducibilidad sonora en musicoterapia pasiva: enfoque metodológico con ratas Wistar en laboratorio clínico como paso previo para su aplicación con neonatos pretérmino. *Comunicación y Métodos | Communication & Methods*, 1(2), 138-159. doi:10.35951/v1i2.49