



## TESIS DOCTORAL

***Estudio de los efectos de un modelo  
experimental sonoro y/o musical sobre la  
reactividad conductual y fisiológica de crías  
neonatales de rata Wistar***

**Autor:**

**Emilio Mateu Escribano**

**Directores:**

**Agustín Martínez Peláez**

**Manuel Sánchez Cid**

**José Antonio Martínez Orgado**

**Programa de Doctorado de Humanidades: Lenguaje y Cultura**

**Escuela Internacional de Doctorado**

**Año 2020**



A mi hija Laura y a Ana, mi compañera de viaje.  
Y muy especialmente a la memoria de mi madre,  
recogí tu testigo y bien sujeto estará en mi mano  
mientras tenga que correr este relevo.



## AGRADECIMIENTOS

Quisiera en estas primeras líneas, expresar mi agradecimiento a la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid por la oportunidad que me ha brindado para ahondar en la metodología de investigación musical gracias a la cual he podido proyectar y sistematizar mis inquietudes musicales y profesionales.

Así mismo, hago extensible este sincero agradecimiento a mi director-tutor en la vertiente artística, el Dr. Agustín Martínez Peláez, por su inestimable apoyo académico, orientación y profesionalidad en todo momento, por su disponibilidad y cercanía, y como no, por su optimismo, cordialidad y ayuda constante, siendo siempre capaz de simplificar los procesos y agilizar los trámites y gestiones a la mínima expresión. ¡Gracias Agustín!

A mi codirector en la vertiente técnica, el Dr. Manuel Sánchez Cid, por su excepcional capacidad y experiencia profesional, ofreciendo siempre consejos amables con una honestidad, solo comparable a la de los grandes maestros, por su integral y permanente supervisión, incluso con contribuciones técnicas personales altruistas, enfocando siempre mi desbocado empuje y aportando nitidez a mi *novel*, todavía, carácter emprendedor. ¡Gracias Manuel!

Y por supuesto, a mi codirector en la vertiente médica, el Dr. José Antonio Martínez Orgado, máximo valedor de este estudio de tesis y del proyecto de mayor envergadura que lo define, por su excelencia académica y profesional, por esta inmensa oportunidad, por su continua orientación y reorientación sobre las metas establecidas, por su permanente generosidad, operatividad y funcionalidad, a pesar de una agenda, siempre exigente y comprometida, por mostrarme con maestría el camino de la paciencia, honestidad y rigor científicos. ¡Gracias Pepe!

¡Muchísimas gracias a los tres, por creer que aquella idea inicial que os presenté era válida, por vuestra densa implicación en un esfuerzo compartido, que la ha ido viendo crecer, desarrollarse y madurar hasta convertirse en lo que simboliza hoy, el alma y el latido de este primer paso que se muestran en el estudio de tesis aquí presentado!

De la misma manera, tengo que agradecer honesta y profundamente la labor desinteresada que ha desarrollado el equipo multidisciplinar competente y comprometido que se ha logrado conformar, y que de forma externa y paralela a este estudio, desde sus distintas especialidades profesionales, ha alentado y contribuido con ilusión la consecución, de que aquella primera semilla solitaria de la que partió toda esta andadura, haya germinado actualmente en un proyecto oficialmente consolidado con una envergadura y proyección considerables, y que de forma coloquial y abreviada, conocemos todos ahora, como proyecto *MUCANE* (*MÚsica para el CAmbio de vida de los NEonatos*).

Estas líneas también muestran mi inmensa gratitud a su labor.

Al equipo de amigos y profesionales, por sus aportaciones complementarias, a Gael Domínguez (especialista en Diseño 3D), Juan José Fernández (especialista en Estadística), María Vicedo (especialista en Filología Inglesa e Interpretación), Alejandro Martín (Community Manager y especialista en Redes y Desarrollo de Software), Abel Fernández (especialista en Comercio Electrónico), Marta Fernández (especialista en Hacienda Pública) y especialmente, a Alberto Martínez (especialista en Patentes y Marcas).

Al equipo de profesionales del campo de la medicina, a Carlos Aragón (gran profesional que alentó mis primeros pasos en esta andadura investigadora y mi médico de familia de toda la vida), Elena Caro (especialista

en Neurofisiología clínica), Lucía Sutil (especialista en Psicología Clínica y Neuromarketing), y por supuesto, a Iván Carabaño y Gonzalo Ares (especialistas en Neonatología). Muchísimas gracias a todos ellos.

Al equipo de profesionales del sector de la ingeniería, a Miguel Lugo por su permanente colaboración a través de su empresa Estudio de Ingeniería Acústica S.L., Domingo Martínez (especialista en Comunicaciones y Radiofrecuencia), Erik Fernández y Francisco Garreta por sus colaboraciones iniciales, y muy especialmente también, a Eugenio Caderón, por su colaboración y contribución en la parte final (todos ellos, ingenieros de telecomunicaciones especialistas en ingeniería acústica), gracias compañeros.

Al equipo de profesionales del noble arte de la música, representados principalmente por la *Fundación Musicoterapia y Salud*, a través de María Jesús del Olmo, Carles Pérez y Alicia Alonso, por sus colaboraciones continuas y su excelencia en las orientaciones musicoterapéuticas recibidas, y claro que sí, a mis hermanos de vida, Ignacio Pacheco y José Antonio Sánchez, por ofrecer siempre abrigo y abono musical a la semilla original de este estudio.

De la misma manera, quisiera expresar también mi más profundo reconocimiento al personal técnico del Laboratorio nº 5 de la Fundación de Investigación Biomédica del Hospital Clínico San Carlos de Madrid (FIB-HCSC) por su inestimable dedicación y compromiso a la hora de agilizar todo el proceso y resolución de las pruebas clínicas realizadas para la obtención de resultados. Muchas gracias a Aarón, Laura, María y Lourdes, principalmente.

Y finalmente, a mi familia y amigos que han acompasado con sus palabras de ánimo este dibujo vital de mi vida.





*«..., además, que todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cerebro, y que aún en el peor dotado es susceptible, al modo de las tierras pobres, pero bien cultivadas y abonadas, de rendir copiosa mies.»*



(Ramón y Cajal, 1897)



## ÍNDICE

### RESUMEN

### ABSTRACT

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	01
I.1 Justificación de la investigación .....	02
I.2 Estado de la cuestión.....	13
I.3 Hipótesis general .....	19
I.4 Objetivos de la investigación .....	22
I.5 Enfoque metodológico.....	26
I.5.1 Fuentes primarias.....	29
I.5.2 Estructura de la investigación .....	30
I.5.3 Trabajo multidisciplinar de campo .....	33
I.5.3.1 Parámetros iniciales del análisis .....	33
I.5.3.2 Jaula de experimentación versus incubadora neonatal ....	38
I.5.3.3 Bases del modelo sonoro y/o musical establecido .....	40
I.5.3.4 Criterios de selección de focos sonoros o ruidos .....	41
I.5.3.5 Criterios de selección de las piezas musicales .....	44

## **CAPÍTULO II: LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS NEONATALES (UCIN) RESPECTO AL MODELO HUMANO**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>II.1 Características generales de las UCIN e incubadoras neonatales .....</b>	<b>50</b>
<b>II.2 Análisis del ruido en las UCIN.....</b>	<b>60</b>
<b>II.3 Bases neuroanatómicas de la audición humana.....</b>	<b>75</b>
<b>II.3.1 Modelo humano versus modelo en roedores .....</b>	<b>85</b>
<b>II.4 Consecuencias evaluables.....</b>	<b>101</b>
<b>II.4.1 El ruido como estímulo nocivo y doloroso .....</b>	<b>102</b>
<b>II.4.2 La música como estímulo beneficioso e indoloro.....</b>	<b>104</b>
<b>II.5 Repercusiones vitales y económicas implicadas .....</b>	<b>106</b>
<b>II.6 Perspectivas de cambio en las condiciones sonoras neonatales .....</b>	<b>108</b>
<b>II.6.1 La estimulación musical como elemento compensador .....</b>	<b>110</b>
<b>II.6.2 La musicoterapia pasiva como elemento innovador .....</b>	<b>112</b>
<b>II.7 ¿Qué propone nuestro modelo experimental de estimulación? .....</b>	<b>116</b>
<b>II.7.1 Grado y nivel de estimulación propuesto .....</b>	<b>118</b>
<b>II.7.2 Relevancia de su utilización.....</b>	<b>123</b>
<b>II.8 Hacia una nueva dimensión de Neuroestimulación Auditiva.....</b>	<b>124</b>

## **CAPÍTULO III: DISEÑO, DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DEL MODELO EXPERIMENTAL SONORO Y/O MUSICAL PARA LABORATORIO CLÍNICO CON RATAS NEONATAS WISTAR**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>127</b>
<b>III.1 De los borradores iniciales a la concreción definitiva del diseño ....</b>	<b>128</b>
<b>III.2 Características genéricas del modelo experimental .....</b>	<b>139</b>
<b>III.3 Planteamiento y realización de las pruebas .....</b>	<b>142</b>
<b>III.3.1 La base: Hitos del desarrollo auditivo fetal humano.....</b>	<b>150</b>
<b>III.3.2 Tratamiento informático de los ruidos seleccionados.....</b>	<b>153</b>
<b>III.3.3 Tratamiento informático de piezas musicales seleccionadas.</b>	<b>154</b>
<b>III.3.4 La mesa de trabajo experimental .....</b>	<b>164</b>
<b>III.3.5 Bases conceptuales para la utilización de ratas Wistar .....</b>	<b>167</b>
<b>III.3.5.1 Justificación.....</b>	<b>169</b>
<b>III.3.5.2 Fases de análisis .....</b>	<b>171</b>
<b>III.3.5.3 Muestra y grupos de estimulación.....</b>	<b>179</b>
<b>III.3.5.4 Subhipótesis .....</b>	<b>183</b>
<b>III.3.5.5 Concreción de objetivos .....</b>	<b>185</b>
<b>III.3.5.6 Utilidad práctica.....</b>	<b>186</b>
<b>III.4 Implementación metodológica del modelo experimental .....</b>	<b>188</b>

<b>III.4.1 La administración de estímulos sonoros y/o musicales .....</b>	<b>193</b>
<b>III.4.2 El laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC.....</b>	<b>195</b>
<b>III.4.2.1 Materiales y recursos .....</b>	<b>196</b>
<b>III.4.2.2 Material informático .....</b>	<b>198</b>
<b>III.4.3 Resultados de las pruebas realizadas.....</b>	<b>198</b>
<b>III.5 Tratamiento estadístico de los resultados.....</b>	<b>200</b>
<b>III.6 Proyección prospectiva al enfoque neonatal humano.....</b>	<b>208</b>
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES GENERALES</b>	
<b>IV.1 Análisis de los resultados y su discusión .....</b>	<b>218</b>
<b>IV.2 Conclusiones sobre Hipótesis y Objetivos planteados.....</b>	<b>226</b>
<b>IV.3 Conclusiones sobre Modelo Experimental establecido .....</b>	<b>237</b>
<b>IV.4 Dificultades de la Investigación.....</b>	<b>241</b>
<b>CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
<b>V.1 Referentes bibliográficos y documentales .....</b>	<b>245</b>
<b>V.2 Webgrafía.....</b>	<b>264</b>
<b>Anexos</b>	

## **GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIACIONES**

<b>ANOVA</b>	<b>Análisis de Varianza</b>
<b>Cdl</b>	<b>Cuaderno del Investigador</b>
<b>EEG</b>	<b>Electroencefalograma</b>
<b>EP</b>	<b>Educación Primaria</b>
<b>FIB</b>	<b>Fundación de Investigación Biomédica</b>
<b>FMRI</b>	<b>Imágenes de Resonancia Magnética Funcional</b>
<b>FSA</b>	<b>Ficha de Seguimiento del Animal</b>
<b>GC</b>	<b>Grupo de Control</b>
<b>HCSC</b>	<b>Hospital Clínico San Carlos</b>
<b>IBA</b>	<b>Investigación Basada en las Artes</b>
<b>M</b>	<b>Música</b>
<b>MATLAB</b>	<b>Programa Matemático de Análisis Espectral</b>
<b>NF</b>	<b>Prueba de Natación Forzada</b>
<b>OF</b>	<b>Prueba de Campo Abierto</b>
<b>R</b>	<b>Ruido</b>
<b>S</b>	<b>Silencio</b>
<b>UCIN</b>	<b>Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales</b>

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS**

<b>Tabla 01: Disciplinas musicales relacionadas con la Musicoterapia .....</b>	<b>08</b>
<b>Tabla 02: Aparatos susceptibles de producir ruido en la UCIN-HCSC .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 03: Clasificación de la prematuridad según la OMS .....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 04: Señales eléctricas del cerebro de un neonato de 28s .....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 05: Señales eléctricas del cerebro de un neonato a término .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 06: Aparatos seleccionados para la propuesta experimental .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 07: Análisis de piezas musicales versus edad gestacional .....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 08: Dimensión melódica del procesamiento musical .....</b>	<b>112</b>
<b>Gráfico 09: Rango de frecuencias perceptibles .....</b>	<b>119</b>
<b>Gráfico 10: Rango de intensidades audibles .....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 11: Momentos críticos de la audición fetal humana .....</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 12: Tabla inicial sobre el límite ético establecido .....</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 13: Tabla final sobre el límite ético establecido .....</b>	<b>139</b>
<b>Tabla 14: Pruebas para medir la ansiedad en roedores .....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 15: Ruidos seleccionados para experimentación sonora .....</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 16: Características de las composiciones musicales .....</b>	<b>161</b>
<b>Tabla 17: Correspondencia entre piezas musicales y edad gestacional ...</b>	<b>161</b>



<b>Tabla 18: 36 audios de Ruido - Música.....</b>	<b>162</b>
<b>Gráfico 19: Presión Sonora - Silencio (sin Shanling M0).....</b>	<b>190</b>
<b>Gráfico 20: Presión Sonora - R1 (volumen: 45 - Shanling M0).....</b>	<b>190</b>
<b>Gráfico 21: Presión Sonora - M1 440 (volumen:16 - Shanling M0).....</b>	<b>191</b>
<b>Gráfico 22: Presión Sonora - M1 432 (volumen:16 - Shanling M0).....</b>	<b>191</b>
<b>Gráfico 23: Presión Sonora - R1M1 440 (volumen:16 - Shanling M0) .....</b>	<b>192</b>
<b>Tabla 24: Fase inicial de la preparación inmunohistoquímica .....</b>	<b>197</b>
<b>Tabla 25: Contaje sobre la densidad neuronal entre GC, R y M.....</b>	<b>199</b>
<b>Gráfico 26: Comparativa de entradas al centro en OF .....</b>	<b>202</b>
<b>Gráfico 27: Comparativa del Swimming y <i>Climbing</i> en NF.....</b>	<b>203</b>
<b>Gráfico 28: Comparativa en situación de floating en NF .....</b>	<b>205</b>
<b>Gráfico 29: Comparativa de la densidad neuronal entre capas .....</b>	<b>208</b>
<b>Tabla 30: Conflictos éticos <i>MUCANE</i> para neonatos pretérmino .....</b>	<b>213</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 01: Localización cortical de la Música (áreas 22, 41, 42) .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 02: Canopia de Incubadora neonatal Caleo Dräger .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 03: Jaula de experimentación inicial .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 04: Rango audible perseguido en el diseño experimental.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 05: Frecuencias de las melodías con filtro MUCANE.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 06: Récord de prematuridad mundial .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 07: Rendimiento de ANC para ruido primario multifrecuencia .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 08: Gráfico de reducción neta de ruido por ANC.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 09: Tabla de Intensidades dentro (dígito 33) y fuera (dígito 34).....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 10: Frecuencia-Intensidad dentro de I. Caleo Dräger.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 11: Frecuencia-Intensidad fuera de I. Caleo Dräger .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 12: Sistema auditivo periférico .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 13: Sección de cóclea .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 14: Movimiento de cizalla de los cilios .....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 15: Ubicación de las frecuencias en la cóclea.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 16: Curva de crecimiento M-H en biomodelo de rata Wistar .....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 17: Cronograma general inicial .....</b>	<b>129</b>

<b>Figura 18: Leyendas nº 1 y nº 2a del Cronograma general inicial.....</b>	<b>130</b>
<b>Figura 19: Leyendas nº 3 y nº 4a del Cronograma general inicial.....</b>	<b>130</b>
<b>Figura 20: Cronograma inicial Grupo con Silencio .....</b>	<b>131</b>
<b>Figura 21: Cronograma inicial Grupo con Ruido.....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 22: Cronograma inicial Grupo con Música.....</b>	<b>133</b>
<b>Figura 23: Cronograma inicial Grupo con Ruido-Música .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 24: Cronograma general definitivo .....</b>	<b>135</b>
<b>Figura 25: Cronograma definitivo de pruebas neuroconductuales .....</b>	<b>136</b>
<b>Figura 26: Áreas anatómicas nucleares del cerebro.....</b>	<b>150</b>
<b>Figura 27: Ontogénesis embrionaria del sistema sensorial auditivo .....</b>	<b>151</b>
<b>Figura 28: Pruebas neuroconductuales definitivas .....</b>	<b>174</b>
<b>Figura 29: Grandes estructuras cerebrales .....</b>	<b>176</b>
<b>Figura 30: Sistema de reproducibilidad sonora final .....</b>	<b>189</b>
<b>Figura 31: Subsistemas del diseño MUCANE para neonatos .....</b>	<b>209</b>
<b>Figura 32: Sistema arquitectónico del diseño MUCANE para UCIN .....</b>	<b>211</b>
<b>Figura 33: Imagen MUCANE para neontos pretérmino del HCSC.....</b>	<b>215</b>
<b>Figura 34: Imagen MUCANE para rata Wistar .....</b>	<b>216</b>
<b>Figura 35: Imagen MUCANE para ratón Black 6 .....</b>	<b>217</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 0a: APÉNDICE - CERTIFICACIONES DE COMITÉS DE ETICA ANIMAL**

**ANEXO 0b: MEDICIONES ACREDITADAS EN EL HCSC**

**ANEXO 0b1: 1ª MEDICIÓN (27-04-2017)**

**ANEXO 0b2: 2ª MEDICIÓN (02-10-2018)**

**ANEXO 0b3: 3ª MEDICIÓN (07-11-2019)**

**ANEXO I: GRABACIONES REALIZADAS EN EL HCSC**

**ANEXO Ia: AUDIOS DE LOS RUIDOS SELECCIONADOS**

**ANEXO Ib: VÍDEOS DE LOS RUIDOS SELECCIONADOS**

**ANEXO II: TRATAMIENTO SONORO-MUSICAL EN ESTUDIO DE SONIDO**

**ANEXO IIa: PRESENTACIÓN**

**ANEXO IIb: TRATAMIENTO SONORO (RUIDOS)**

**ANEXO IIc: TRATAMIENTO MUSICAL (M440)**

**ANEXO IId: EDAD GESTACIONAL COMPROMETIDA**

**ANEXO III: EJEMPLOS DE AUDIOS MUSICALES TRATADOS**

**ANEXO IIIa: RESULTADOS SIN Y CON FILTRO *MUCANE***

**ANEXO IIIb: RESULTADOS MUSICALES CON M 432 Y M 440**

**ANEXO IIIc: PARTITURAS *MUCANE***

**ANEXO IV: ESTIMULACIONES SONORAS Y MUSICALES**

**ANEXO IVa: EXPERIMENTACIÓN EN LABORATORIO**

**ANEXO IVa1: 1ª LÍNEA – ESTIMULACIÓN 440**

**ANEXO IVa2: 2ª LÍNEA – ESTIMULACIÓN 432**

**ANEXO IVb: INVESTIGACIÓN EIA (ANC)**

**ANEXO V: CRONOGRAMA GENERAL**

**ANEXO V0: FSA**

**ANEXO Va: CRONOGRAMAS INICIALES**

**ANEXO Vb: CRONOGRAMAS DEFINITIVOS**

**ANEXO VI: MESA DE EXPERIMENTACIÓN**

**ANEXO VIa: MESA DE TRABAJO**

**ANEXO VIb: JAULA DE ESTIMULACIÓN**

**ANEXO VIc: AMPLIFICADOR MONO T-B60**

**ANEXO VId: ALTAVOZ MONO TYMPHANY TC9FD18-08**

**ANEXO VIe: REPRODUCTOR SHANLING M0**

**ANEXO VIf: SONÓMETRO HHSL-101**

**ANEXO VIg: CAJA DE ABSORCIÓN ACÚSTICA**

**ANEXO VIh: RECURSOS**

**ANEXO VII: PRUEBAS DE LABORATORIO**

**ANEXO VIII0: PRESENTATION**

**ANEXO VIIa: SOUND STIMULATION**

**ANEXO VIIb: OPEN FIELD TEST**

**ANEXO VIIc: FORCED SWIMMING TEST**

**ANEXO VIId: IMMUNOHISTOCHEMICAL TEST**

**ANEXO VIII: INTERPRETACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS**

**ANEXO VIII0: PREPARACIÓN DE LA MATRÍZ ESTADÍSTICA**

**ANEXO VIIIa: PRUEBAS NEUROCONDUCTUALES**

**ANEXO VIIIb: PRUEBAS INMUNOHISTOQUÍMICAS**

**ANEXO IX: DISEÑOS *MUCANE***

**ANEXO IXa: SUBSISTEMAS PARA INCUBADORA NEONATAL**

**ANEXO IXb: ONTOGÉNESIS EMBRIONARIA**

**ANEXO IXc: NEONATOS PRETÉRMINO**

**ANEXO IXd: RATA WISTAR**

**ANEXO IXe: RATÓN BLACK 6**

**ANEXO X: DISEÑO ARQUITECTÓNICO *MUCANE***

## RESUMEN:

Este estudio de tesis doctoral, y el proyecto de investigación que lo define y sustenta, suponen un paso importante para profundizar en aquellos aspectos que inciden de forma relevante en la conducta y fisiología de ratas neonatas Wistar<sup>1</sup> a través de las estimulaciones sonoras (ruidos) y/o musicales establecidas en su diseño, como paso prospectivo previo para su posterior aplicación con neonatos pretérmino<sup>2</sup>. El conjunto metodológico proporcionado se ofrece desde una innovadora perspectiva de musicoterapia pasiva, donde puede valorarse el efecto producido por dichas estimulaciones, como huella indeleble que visibilice por un lado, el nivel de ansiedad o depresión y respuesta motriz de los animales sujetos a experimentación, y por otro, el nivel de activación, desarrollo o potenciación neuronales de los tejidos cerebrales de sus respectivos organismos.

Para ello, esta propuesta experimental ha tenido en cuenta los actuales y sofisticados avances técnicos e informáticos derivados de las nuevas aportaciones tecnológicas, tanto a la hora de configurar cuidadosamente el

---

<sup>1</sup> 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. Recuperado <http://www.labome.es/method/Laboratory-Mice-and-Rats.html>. [Confirmado el 21,11,2019]. Como se tendrá oportunidad de contextualizar en las próximas páginas este animal será nuestro protagonista principal pues se pretende experimentar con su organismo el efecto del diseño experimental aquí presentado utilizando el ruido y la música como elementos esenciales de cara a su valoración y posterior aplicación con neonatos pretérmino.

<sup>2</sup> La Organización Mundial de la Salud denomina neonato prematuro o pretérmino a todo recién nacido vivo con menos de treinta y siete semanas de gestación en comparación con un embarazo normal que se establece en cuarenta semanas de duración. Recuperado de [https://www.who.int/topics/traditional\\_medicine/definitions/es/](https://www.who.int/topics/traditional_medicine/definitions/es/) [Confirmado el 25,11,2019]. Su tipología se sitúa en el apartado II.1 de este documento. A partir de aquí, se plantean inicialmente dos interrogantes claves a los que se debe dar respuesta: ¿se puede ayudar con la música a estos niños y hacerlo desde un contexto clínico, alejándose de entrada de los entornos educativos, donde se aporten valoraciones cuantitativas que sumen rigor a los previsible resultados que se pudieran obtener? y, ¿podrían estos resultados favorecer un cambio de dirección en el contexto educativo, de manera que sirvieran como instrumento de legitimación incuestionable de la música como área curricular de primer orden?

registro, grabación, montaje y producción de todos los audios utilizados, como en el procesamiento de los protocolos biomédicos desarrollados y su consecuente valoración. La metodología utilizada ha sido cuantitativa y la interpretación estadística de los resultados, combina la elaboración de pruebas no paramétricas con el contraste de hipótesis, como instrumentos de evaluación con una manifiesta y solvente significación científica.

**PALABRAS CLAVE:**

Estimulación sonora / Investigación musical / Innovación musical / Musicoterapia pasiva / Ruido / Incubadora Neonatal / Neonato pretérmino.

**ABSTRACT:**

This doctoral thesis study, and the research project that defines and supports it, is an important step towards studying in depth those aspects that have a relevant impact on the behaviour and physiology of Wistar rats through sound (noise) and/or musical stimulation established in its design, as a prospective step prior to its subsequent application with preterm infants. The methodological set provided is offered from an innovative perspective of passive music therapy, where the effect produced by such stimulations can be evaluated, as an indelible mark that makes visible, on the one hand, the level of anxiety or depression, and motor response of the animals subjected to experimentation, and on the other, the level of activation, development or neuronal enhancement of the brain tissues of their respective bodies.



To this end, this experimental proposal has taken into account the current sophisticated technical and computer advances derived from the new technological contributions, both in the careful configuration of the recording, editing and production of all the audios used, and in the processing of the biomedical protocols developed and their consequent evaluation. The methodology used has been quantitative and the statistical interpretation of the results, combines the development of non-parametric tests with the contrast of hypotheses, as evaluation instruments with a manifest and solvent scientific significance.

**KEYWORDS:**

Sound stimulation / Music research / Music innovation / Passive music therapy / Noise / Neonatal incubator / Preterm neonate.



## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL**

### **INTRODUCCIÓN**

El origen y razón de ser de esta investigación tiene su raíz en el anhelo por la implantación efectiva de una Educación Musical de calidad en los centros educativos públicos de Educación Infantil y Primaria, y por extensión, también en la Educación Secundaria de nuestro país. Basta hacer un recorrido breve, pero certero, a nivel normativo nacional y autonómico -que a continuación se apuntará-, y por las disposiciones legales más relevantes de las tres últimas décadas, para observar con bastante nitidez el sin sentido fluctuante de la diversidad de criterios establecidos y el recorte sustancial que ha sufrido en concreto, esta disciplina. De forma análoga, se encuentran otras especialidades afines, que también han visto reducidas sus cargas lectivas, y todo ello, en relación a ese conjunto tan sumamente rico y estimulante que conforma el campo de las Humanidades en estas primeras etapas educativas.

No es propósito de esta investigación abordar pormenorizadamente todas y cada una de estas disciplinas humanísticas, pero sí, hacer referencia explícita a la importancia que supone para el desarrollo evolutivo armónico e integral de nuestros escolares, la huella indeleble<sup>3</sup> que propone la Música en sus personalidades. Su impartición ajustada y equilibrada supone una riqueza

---

<sup>3</sup> Altenmüller, E. y Gruhn, W. (1998: 51–76): investigaron la función cerebral en relación a la incidencia de la Educación Musical y comprobaron que las activaciones de patrones cerebrales que se alcanzan a través de la práctica musical (y la estimulación musical en todas sus formas, estaría incluida en esta reflexión) “salpican” de pequeñas manchas casi todas las áreas del cerebro, lo que indica un uso más eficiente y económico de sus capacidades. Por tanto, la actividad musical integra funciones de alto nivel, y tiene efectos profundos y duraderos sobre el modo de organizar el procesamiento general de la información en el ser humano.

cognitiva, psicomotriz, afectiva y social en la que se sustenta cualquier estimulación sonora y/o musical debidamente planificada, donde puede optimizarse la personalidad plena de cada individuo, independientemente de la sociedad en la que le haya tocado vivir, como base estructural y cultural de su propio crecimiento y desarrollo humano.

## **I.1 Justificación de la investigación**

Antes de esbozar dicho estudio, quisiera apuntar inicialmente, derivado de la labor docente desarrollada por el autor en las dos últimas décadas en diferentes centros educativos públicos de la Comunidad de Madrid, que este estudio pretende contribuir muy específicamente al refuerzo de ese más que justificado propósito. De esta manera, legitimar el incuestionable valor formativo que la música posee en las primeras etapas educativas y su proyección en las siguientes, debería constituir un objetivo en sí mismo, como también debería serlo, potenciar permanentemente esa legitimidad concediendo a esta disciplina artística el lugar que le corresponde en cualquier modelo curricular que se precie.

Por ello, la justificación de esta investigación contempla una triple dimensión:

En primer lugar, desde el punto de vista normativo, la Educación Musical es un derecho para los niños, existiendo una base legal muy consistente que así lo refiere y fundamenta. En este sentido, el R.D. 1513/2006, de 7 de diciembre, disposición que regulaba la ya derogada Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) establecía en su Anexo III el horario escolar expresado en horas, correspondiente a los contenidos básicos de las enseñanzas mínimas para la Educación Primaria (EP en adelante) de donde se desprendía un

cómputo total de 315 horas de Educación Artística al año repartidas en 105 horas por ciclo después de lo que suponía ya un recorte considerable de 35 horas con respecto al establecido a su vez por el sistema educativo anterior promulgado por la Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE), de 3 de octubre de 1990, que establecía 350 horas.

Actualmente, la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) establece en su Capítulo III el Currículo y distribución de competencias, donde el anterior artículo 18 de la LOE, queda redactado, ahora, de la siguiente manera en sus apartados:

- 1) La etapa de Educación Primaria comprende seis cursos.
- 2) Los alumnos deben cursar las siguientes áreas del bloque de asignaturas troncales en cada uno de los cursos: a) Ciencias de la Naturaleza, b) Ciencias Sociales, c) Lengua Castellana y Literatura, d) Matemáticas y e) Primera Lengua Extranjera.
- 3) Los alumnos deben cursar las siguientes áreas del bloque de asignaturas específicas en cada uno de los cursos: a) Educación Física, b) Religión, o Valores Sociales y Cívicos, a elección de los padres, madres o tutores legales y c) En función de la regulación y de la programación de la oferta educativa que establezca cada Administración educativa y, en su caso, de la oferta de los centros docentes, al menos una de las siguientes áreas del bloque de asignaturas específicas; 1.º Educación Artística, 2.º Segunda Lengua Extranjera y 3.º Religión, sólo si los padres, madres o tutores legales no la han escogido en la elección indicada en el apartado 3.b).

De la misma manera, tanto el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la EP a nivel nacional, como el Decreto 89/2014, de 24 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el Currículo de dicha etapa, se expresan en los mismos términos en referencia al área de Educación Artística y Musical.

En definitiva, es muy significativo observar a título personal, que las máximas referencias legislativas del sistema educativo LOMCE aplicadas a todo el territorio español, y por poner un ejemplo autonómico, el de la propia Comunidad de Madrid, expliciten y materialicen de forma tan evidente, la más grave y profunda desconsideración jamás hecha, hacia la Educación Artística y la Educación Musical dentro de la EP de nuestro país.

Esta circunstancia está suponiendo desde el punto de vista del que suscribe, un retroceso sin precedentes en la práctica docente actual de estas disciplinas artísticas, pues las arrincona hacia la optatividad<sup>4</sup>, o en el peor de los casos, las condena a la desaparición como materia curricular. En conclusión, dichos preceptos legales, aparecen explícitamente expuestos en sus bases curriculares actuales, y nada parece indicar que haya cambio alguno en su dirección, ni tampoco se refleja ánimo sustancial, ni significativo, de mejora a corto plazo<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Mientras los colegios públicos de EP la oferten en su programa educativo, y los padres, madres o tutores legales, la elijan como formación relevante para sus hijos, esta disciplina podrá ir subsistiendo como área específica opcional, y esto, en el mejor de los casos.

<sup>5</sup> El Proyecto de Ley Orgánica de modificación de la LOE (LOMLOE), aprobado en el Consejo de Ministros del pasado 15 de febrero y publicado por el Boletín Oficial de las Cortes el 22 de febrero de 2020, tampoco hace referencia explícita, ni incluye a la Educación Artística como área o materia curricular relevante en las etapas obligatorias de nuestro país. Recuperado de [https://www.who.int/topics/traditional\\_medicine/definitions/es/](https://www.who.int/topics/traditional_medicine/definitions/es/) [Confirmado el 25,02,2020].

Sin embargo, los planteamientos y directrices que vienen regulados en la normativa europea desde hace más de tres décadas son muy distintos. El Parlamento Europeo (1987) sostiene que la Educación Musical es un derecho del ciudadano europeo, y espera de los gobiernos un incremento en la formación musical en las escuelas. De la misma forma, el Consejo Europeo de la Música en la Conferencia de Palermo (1994), concluye que únicamente en las escuelas públicas los niños y adolescentes podrán recibir una enseñanza musical intensa que les permita practicar durante toda su vida una actividad musical autónoma y alcanzar un comportamiento artístico y musical responsable. De esta manera, en sesión realizada en Bratislava, en octubre de ese mismo año, se contempla que el derecho democrático a la formación ha de incluir el derecho a la formación artística de calidad. Por ello, todos los niños y adolescentes de las escuelas europeas deberían recibir una formación musical que les conduzca a practicarla a lo largo de su vida. Los gobiernos nacionales de la Unión Europea deben cargar con la responsabilidad de su planificación, por tanto, con el cumplimiento de los objetivos de formación correspondientes<sup>6</sup>. Por supuesto, también quedan ampliamente subestimados el papel integrador y la influencia de la música y de la Educación Musical de calidad, para las personas procedentes de diferentes culturas, en temas como la organización del ocio, la formación de la capacidad de juicio y el comportamiento social y

---

<sup>6</sup> López García, N. & De Moya Martínez, M. (2017: 171-186): analizan todo este recorrido a través de una serie de documentos clave de la Unión Europea sobre Educación Musical en las enseñanzas obligatorias, donde, asumiendo las directrices de la UNESCO sobre la importancia de la Educación Artística en el desarrollo integral de la persona, lleva décadas trabajando por la plena inclusión de este área de conocimiento en los currículos de sus estados miembros y encargando a sus instituciones educativas una serie de informes que recojan el estado actual de esta materia en los sistemas educativos de los veintiocho, con la idea de conocer su configuración en las normas educativas de los mismos para, posteriormente y tras su estudio, lanzar las propuestas de mejora oportunas que permitan consolidar su presencia en los currículos nacionales.

comunicativo, aspectos todos ellos sobresalientes y que no se están considerando de forma adecuada.

Por tanto, por un lado la normativa internacional europea contempla como requisito el cumplimiento de los derechos democráticos de formación, tanto en Educación Artística, como en Educación Musical de los países miembros, y por otro, existe el refuerzo de los nuevos avances tecnológicos en el campo de la Neurociencia donde se apuntan efectos indiscutiblemente beneficiosos en la formación integral de los individuos, y muy particularmente en la etapa de la infancia y adolescencia, derivados de la actividad artística y musical.

En conclusión, en opinión del autor, no solo, no se están valorando y estimando este tipo de directrices legales, sino que además se están limitando progresivamente los recursos destinados a la educación en general, y a la formación artístico-musical en particular, privando a nuestros alumnos de enseñanza obligatoria, tanto en sus niveles de primaria, como de secundaria, de unas posibilidades de formación que se sustentan en derechos fundamentales que les asisten.

En segundo lugar, desde el punto de vista pedagógico y educativo, me surgían una serie de preguntas que no podía contestar: ¿cómo puedo ayudar desde mi parcela educativa?, ¿cómo se podría atender mejor a los niños?, ¿cuál será la edad más apropiada para contextualizar y ubicar el esfuerzo?, ¿por qué ahora, se diagnostican tantos niños con problemáticas tan diversas?,



¿hacia qué tipo de sociedad nos dirigimos? Pues, por un lado, el propio sistema está suprimiendo y anulando de manera sistemática recursos de primer orden que posee, y por otro, se está viendo obligado a invertir en gasto público para crear y atender otros nuevos, ¿cómo hacer frente a las necesidades actuales derivadas de circunstancias cada vez más complejas y multiproblemáticas de la escuela y sociedad actuales?, y, ¿cómo hacerlo desde la música?

De todo este proceso de reflexión interna se pueden advertir dos posibles direcciones a la hora de afrontar respuestas. Había que salir de la zona de confort que me proporcionaba el contexto educativo, ya que las circunstancias actuales, no permitían aportar nada nuevo, y se debería empezar por el principio, por el “origen de la vida”, ubicando el esfuerzo y dedicación profesionales a los niños que acababan de nacer, mejor aún, a los niños que ya se encontraban con dificultades, incluso antes nacer.

De la confluencia de ambas premisas todo parecía resumirse finalmente en una única pregunta final, pero con dos matices: ¿Puedo ayudar con la música a los niños denominados neonatos pretérmino y hacerlo desde un contexto clínico, como se apuntaba inicialmente, alejándome así de los entornos educativos, donde se aporten valoraciones cuantitativas que sumen rigor a los previsibles resultados que se pudieran obtener? y, ¿podrían estos resultados favorecer un cambio de dirección en el contexto educativo, de manera que sirvieran como instrumento de legitimación incuestionable de la música?

La respuesta resultante proponía resolverse contemplando la utilización de la música desde la Educación Musical hacia la disciplina de la Musicoterapia, conceptualizaciones éstas que pueden relacionarse (Bruscia, 1987), y aunque los objetivos considerados entre ambas cambiaban necesariamente su naturaleza, el propósito perseguido en este estudio, sigue siendo el mismo. Véase Tabla 01 donde se relaciona la Musicoterapia con diferentes disciplinas musicales, entre ellas, la Educación Musical.

Tabla 01: Disciplinas musicales relacionadas con la Musicoterapia

RELACIONADAS CON LA MÚSICA	RELACIONADAS CON LA TERAPIA
<ul style="list-style-type: none"><li>• Psicología de la Música</li><li>• Sociología de la Música</li><li>• Filosofía de la Música</li><li>• Antropología de la Música: Etnomusicología</li><li>• Historia de la Música</li><li>• Teoría de la Música</li><li>• Acústica y Psicoacústica</li><li>• Educación Musical</li><li>• Pedagogía Musical</li><li>• Composición y Audición</li><li>• Danza</li><li>• Teatro</li><li>• Poesía</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Psicología</li><li>• Psiquiatría</li><li>• Medicina</li><li>• Neurología (Neuro-musicología)</li><li>• Trabajo Social</li><li>• Fisioterapia</li><li>• Enfermería</li><li>• Terapia Ocupacional</li><li>• Terapias de la Comunicación</li><li>• Terapias del Lenguaje (Logopedia)</li><li>• Recreación Terapéutica</li><li>• Educación Especial</li></ul>

Fuente: Adaptado de Bruscia (1989)

Como se aprecia, la parte derecha de dicha tabla no nos va a interesar en nuestro estudio de experimentación, pues relaciona Musicoterapia con especialidades relacionadas con la Terapia, identidades disciplinares todas ellas que no son representativas de la propuesta finalmente establecida.

Por otro lado, cabe señalar por su relevancia, que al adentrarnos en las implicaciones reales que se desprenden de la prematuridad, asistimos a una

realidad verdaderamente sorprendente e inquietante. En España, casi el 10%<sup>7</sup> de los recién nacidos lo hacen de forma prematura. A pesar del avance espectacular en las últimas décadas en el tratamiento y cuidado 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. No hay que olvidar, como podrá comprobarse a lo largo del documento aquí presentado, que estos niños son criaturas muy frágiles y vulnerables, y que su evolución y desarrollo neurológico, no estarán exentos de trastornos, deficiencias y dificultades de distinto grado en la mayoría de los casos, donde habrá una relación directamente proporcional entre sus discapacidades y la edad gestacional en la que salieron del útero materno, aspectos todos ellos que se mostrarán con bastante evidencia en la etapa escolar y que reflejarán el estado de sus capacidades y aprendizajes posteriores. Son sobradamente conocidas por la comunidad científica la diversidad de causas que se plantean al abordar el estudio de la prematuridad. No es asunto de esta propuesta valorar las raíces por las que ésta se produce. No obstante, sí nos interesa la atención posterior que se le presta.

En consecuencia, y especialmente motivados por potenciar una mejor atención neonatal, debemos reflejar en tercer lugar, que desde el punto de vista sanitario o de salud pública, se pueden conseguir mejoras sustanciales a través

---

<sup>7</sup> Según NENE (Fundación de ayuda al recién nacido con problemas neurológicos) se ha de enfatizar la asistencia y atención especializada de estos bebés prematuros y sus familias. Recuperado de la web <https://www.neurologianeonatal.org/padres-derechos-prestaciones/> [Confirmado el 22,11,2019].

de la música en las condiciones ambientales de las salas e incubadoras neonatales donde estos niños han de pasar largas estancias, e incluso, derivado de esas actuaciones, este estudio propone reducir el alto coste económico y social que indiscutiblemente tienen sus tratamientos correspondientes<sup>8</sup>.

A parte del compromiso personal adquirido con la adquisición de conocimientos técnicos y teóricos a lo largo de esta trayectoria de investigación emprendida, se ha contado con muchos y diversos apoyos intelectuales, derivados principalmente de las colaboraciones externas a este estudio de tesis por medio de los distintos profesionales de las diferentes vertientes multidisciplinares que se han abordado.

En cuanto a las trabas y problemas surgidos durante el recorrido de estos cinco años de investigación, a pesar de la abundancia y generosidad de iniciativas emprendidas, resaltar la gran cantidad de tiempo invertido y trabajos realizados, y a veces, en contrapartida, las demoras y retrasos en los progresos obtenidos. Sin duda, depender de terceras partes ha sido un gran obstáculo, pero también, han permitido los recursos técnicos necesarios para abaratar ciertos costes importantes y obligados del estudio.

---

<sup>8</sup> Según SEN (Sociedad Española de Neonatología) los nacimientos prematuros superan en gasto a intervenciones como el trasplante de médula ósea o las operaciones de corazón, por poner dos ejemplos. A través de su vicepresidencia, el Dr. Miguel Sáenz de Pipaon, asegura que la sociedad debe tener conciencia de la cantidad de recursos económicos, dedicación y seguimiento por parte de médicos y familiares que supone esta clase de paciente. Recuperado de la web <https://www.redaccionmedica.com/secciones/pediatria/el-neonato-prematuro-a-la-cabeza-en-gasto-de-recursos-hospitalarios-6949> [Confirmado el 27,01,2020].

En cualquier caso, los gastos económicos más representativos han sido asumidos de forma personal y quedan reflejados en el apartado correspondiente de Anexos. Otro aspecto digno de mención ha sido la situación cambiante en referencia a la inestabilidad y orientación de las metas perseguidas. En los dos primeros años, el objetivo era llevar a cabo este estudio de tesis aplicándolo directamente con neonatos pretérmino.

En este sentido, nuestro interés inicial nos llevó a mantener ciertos contactos con la empresa multinacional Draeger S.A. fabricante de la incubadora neonatal con la que deseábamos compartir y llevar a cabo el estudio. Finalmente, la relación no prosperó, como tampoco lo hicieron algunos intentos de conseguir financiación a través de concurrencias competitivas del tipo Retos-Colaboración del programa Estatal de Investigación dentro del Plan Europeo Horizonte 2020.

A estas circunstancias inconvenientes, se sumaron otras de tipo técnico y administrativo, que hicieron cambiar el rumbo inicial a planteamientos más realistas a corto plazo, donde diera tiempo a preparar con solvencia el documento metodológico que había que entregar al Comité de Ética Animal del Hospital para salvar así, los trámites internos obligatorios y necesarios para continuar. De esta manera, y siguiendo las sugerencias de mis directores, se planteó trasladar el estudio previsto a una experimentación de laboratorio clínico con roedores, ciertamente con una proyección más viable y previsiblemente más controlada.

El tercer año se preparó a conciencia todo ello al efecto de destinarlo a un estudio de experimentación con cepa de ratón C57BL/6<sup>9</sup>, pero por circunstancias nuevamente ajenas a nuestra voluntad, se volvió a girar de rumbo, esta vez, de forma definitiva hacia la experimentación con cepa<sup>10</sup> de rata Wistar, situación actual que se ha mantenido desde el año pasado. Fue en ese momento en el que se tuvo que solicitar Prórroga Extraordinaria para contar con un margen temporal de seis meses más. Un último inconveniente también relevante, ha venido representado por el retraso de las autorizaciones necesarias para dar comienzo a la experimentación en laboratorio, lo que ha hecho que se haya demorado bastante su inicio, viéndose muy ajustada y comprometida la finalización del experimento con los tiempos de entrega del propio depósito de tesis.

En conclusión, la consideración general que realizamos de este estudio de tesis es entendida como la culminación a un recorrido investigador repleto de aprendizajes. Ahora contamos con un proyecto oficial que avala el diseño de experimentación animal presentado y del que se espera extraer información científica relevante en su andadura, trayectoria por otro lado, que no concluye con este estudio. Además, su proyección, aunque en un plano prospectivo, puede generar su aplicación posterior con las suficientes garantías con

---

<sup>9</sup> Cepa de ratón C57BL/6 o *Black 6*, es la cepa endogámica de ratón de laboratorio más ampliamente usada. Se utilizó para el proyecto del genoma del ratón que terminó en el año 2002 y ha ido evolucionando y completándose hasta 2011, donde se descubren ciertas diferencias importantes respecto de la expresión genética con referencia al modelo humano que había sido descifrado en el año 2001, y que habían pasado desapercibidas.

<sup>10</sup> Aunque ya se ha referenciado por primera vez en el *abstrac* de este documento, apuntar más específicamente que se trata de la primera rata empleada como organismo modelo (anteriormente se trabajaba con el ratón). Su genoma inicial se descifró en el año 2004. Su empleo queda avalado con suficiencia al descubrir que en abril de 2009, la base de datos bibliográfica PubMed arrojaba más de 1.000.000 de trabajos científicos realizados con este animal, lo que le convierte en el recurso ideal para esta propuesta experimental.

neonatos pretérmino y sus consecuentes extrapolaciones a otros ámbitos, como el académico o educativo y también científico, origen de nuestras primeras inquietudes investigadoras.

De ser así, puede proporcionar beneficios reales para la sociedad con menores costes en inversión sanitaria si los planteamientos iniciales de investigación se van cumpliendo, tanto en el contexto de salud pública como en el educativo. Además, podría desarrollarse, derivado de este estudio de tesis, un sistema preventivo y complementario de atención neonatal, con su desarrollo técnico-descriptivo para su posterior generalización y divulgación científicas. Pero, sobre todo, una vez aplicada, estamos absolutamente convencidos que puede incidir muy favorablemente en el desarrollo neurológico de estos niños y en la tranquilidad de sus familias, lo que redundaría en su futuro bienestar, tanto vital como social, con lo que nuestros objetivos se habrían satisfecho plenamente.

Por último, al margen de haber puesto en valor la parte musical con suma relevancia, es justo reconocer en la misma medida la otra parte, también incluida como temática principal dentro de la Educación Musical, el ruido como elemento básico de contaminación sonora. Por supuesto, este diseño experimental necesariamente va a utilizar el reconocimiento de los diferentes focos sonoros estudiados, ya que dicho elemento es parte soporte, prioritaria y básica para el desarrollo y fundamentación propios de la parte musical.

## **I.2 Estado de la cuestión**

Tanto nacional como internacionalmente, hemos hecho un recorrido por la temática que nos interesaba controlar en función de la poca cantidad de

literatura científica encontrada, derivado muy posiblemente, del carácter innovador que se le supone a este estudio. Por tanto, es necesario señalar que el enfoque metodológico establecido en nuestra propuesta, siempre con la intención sistemática de identificarlo en una intensa y pertinaz búsqueda, no lo hemos identificado, ni reconocido con nitidez en la densa literatura científica escudriñada. El escueto sumario que ahora se presenta pretende referir una muestra representativa de las principales contribuciones que hemos seleccionado y secuenciado temporalmente, atendiendo a las variables que hemos entendido necesarias para acotar el estudio, donde por un lado, se aprecia su recorrido y evolución, y por otro, no quedamos exentos tampoco de evitar la controversia que podamos generar, al rebatirse, e incluso negarse, los diferentes planteamientos expuestos ante las posibles, diversas y potenciales fuentes detractoras que, previsiblemente, podemos intuir que aparecerán.

La temática nuclear que desarrolla este estudio se identifica básicamente con la conceptualización y doble tipología que ofrece la Musicoterapia clínica actual combinada con ciertos principios pedagógicos derivados de la propia actividad y recorridos profesionales llevados a cabo desde la especialidad de Educación Musical, donde las dos variables independientes elegidas (Música y Ruido), sumadas a la particularidad de los sujetos diana de experimentación o estimulación propuestos (crías neonatas de camadas de rata Wistar), han centrado toda nuestra atención. Por supuesto, siempre ubicándonos en las tres vertientes multidisciplinares que hemos planteado a la hora de realizar las búsquedas masivas.

Desde el punto de vista musical, tanto las referencias nacionales como internacionales encontradas nos sitúan en el marco tradicional que nos



interesaba, que no es otro, que el estrechar el cerco conceptual entre Ciencia y Música. De esta forma, la musicoterapia (Poch, 1981) se define como «la aplicación científica del arte de la música y la danza con finalidad terapéutica». Pero, sobre todo, la musicoterapia (Bruscia, 1997), es una ciencia porque supone «objetividad, colectividad, repetición y verdad». 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).

En consecuencia, el concepto de estimulación musical utilizado en la presente experimentación responde a la versatilidad que ofrece la musicoterapia actual, más concretamente en su modalidad pasiva en contraste con su homónima, la modalidad activa o “música en vivo” (Del Olmo, 2006)<sup>11</sup>.

Desde el punto de vista técnico, el planteamiento de estimulación referido a los audios (tanto en la parte sonora o de ruidos, como en la musical) preparados tenía que poseer las máximas garantías de funcionalidad operativa y calidad, a pesar de ser presentado en sistema monofónico<sup>12</sup>, mucho más limitado creativamente que otros sistemas dotados de una mayor capacidad espacial.

---

<sup>11</sup> 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 utilizando la máxima operatividad técnica de la modalidad pasiva.

<sup>12</sup> 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 dadas las necesidades espaciales de experimentación en laboratorio resulta conveniente por su solvencia y calidad técnicos.

En consecuencia, 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).

Desde el punto de vista médico, y más específicamente referido al aspecto biológico, 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). Por tanto, 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. Por tanto, el objetivo perseguido ha sido valorar adecuadamente su incidencia, y de forma paralela, estimar con la mayor precisión la conveniencia de las estimulaciones musicales propuestas.

En consecuencia, el recurso principal en esta vertiente se anticipa y define, como ya se ha apuntado con anterioridad, a través de la utilización de crías de rata Wistar, cuya característica principal, lo reiteramos una vez más, 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, donde, desde el 2004 se revela y consolidada que el 90% de los genes de la rata tenían una correspondencia más o menos evidente con los humanos, con lo que su uso como modelo científico disponía de un recorrido amplio en el campo

de la investigación con cerca de 200 años de historia, y lo convertía en el modelo animal preferido para infinidad de estudios biomédicos<sup>13</sup>.

A nivel nacional, realmente existen pocas referencias legislativas de obligado cumplimiento en cuanto a la normativa que ha de aplicarse en estos servicios neonatales en materia de acústica. Culturalmente no parece extraño, y más aún, cuando somos considerados el segundo país más ruidoso a nivel mundial<sup>14</sup>, después de Japón. El único precepto básico a nivel estatal lo encontramos en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido<sup>15</sup> en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. En definitiva, la legislación estatal, mucho más permisiva antes<sup>16</sup> que ahora<sup>17</sup>, sólo es aplicable a determinados *emisores acústicos*: actividades comerciales, industriales o de servicio y sus instalaciones, carreteras, ferrocarriles, puertos y aeropuertos. Por ello, en los actuales servicios neonatales no se cuenta con normativa reguladora de obligado cumplimiento, sino más bien, se atiende a los estándares o recomendaciones de calidad establecidos.

---

<sup>13</sup> Insistimos de nuevo en la idea de que el primer borrador obtenido con este animal de experimentación cubre más del 90% del genoma secuenciado y descrito en alta calidad. Recuperado de <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/announcement/view/1919>. [Confirmado el 22,01,2020].

<sup>14</sup> ABC-sociedad versión digital, Web (14,09,2016): *España es el segundo país más ruidoso del mundo*. Recuperado de [https://www.abc.es/sociedad/abci-espana-segundo-pais-mas-ruidoso-mundo-201609141646\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abci-espana-segundo-pais-mas-ruidoso-mundo-201609141646_noticia.html). [Confirmado el 25,11,2019].

<sup>15</sup> Este texto es el primero en abordar este problema de forma armonizada en todo el Estado. En realidad, supuso más una declaración de intenciones que un reglamento aplicable. Actualmente sí disponemos de reglamento, el Real Decreto 1367/2007, que desarrolla la Ley del Ruido, definiendo unos criterios básicos a los cuales han de adaptarse las normativas locales – pueden ser más restrictivas, pero no menos –. Se trata de un texto *para ingenieros*, ya que se basa en parte en la norma UNE-ISO 1996-2:2009 sobre contaminación acústica; descripción, medición y evaluación del ruido ambiental y determinación de los niveles de ruido ambiental.

<sup>16</sup> Antes más permisiva, Web (14,09,2015): NBE CA 88: *Condiciones Acústicas en Edificios*. En [https://www.construmatica.com/construpedia/NBE\\_CA\\_88:\\_Condiciones\\_Ac%C3%BAsticas\\_en\\_los\\_Edificios](https://www.construmatica.com/construpedia/NBE_CA_88:_Condiciones_Ac%C3%BAsticas_en_los_Edificios). [Confirmado el 25,11,2019].

<sup>17</sup> Ahora mucho más restrictiva, Web (20,12,2019): *Código de Protección contra el Ruido DB-HR*. Recuperado de <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-proteccion-frente-ruido.html> [Confirmado el 26,01,2020].

A nivel internacional, de acuerdo con diversos estudios realizados por la *National Academy of Sciences Report*, la exposición a un ruido excesivo (con un nivel de presión sonora superior a 55 dB -decibelios- perjudica seriamente la salud) con más de 8 horas de exposición durante el día resulta dañino según la OMS -Organización Mundial de la Salud- y más aún, cuando su exposición es diaria y permanente, pues se supera con creces este nivel de presión acústica provocando afonía, dolor de cabeza, irritabilidad, dificultades en el lenguaje, alteraciones en el sueño y problemas de sociabilidad, entre otros trastornos de diversa consideración.

En este sentido, la OMS también advierte que la contaminación acústica tiene unas consecuencias perjudiciales para la salud de los más pequeños. Estos niños tienen un oído muy sensible y muy poca protección contra el ruido perjudicial.

Cabe señalar como dato realmente vanguardista, que en Suiza se están tomando ya, medidas para reducir los niveles de contaminación acústica a los que están expuestos en el entorno educativo. Algunos profesores de Educación Primaria comienzan a usar protectores de sonido donados por la Empresa 3M, de carácter privado, para favorecer la atención y concentración en las aulas. Estos protectores reducen el ruido ambiental unos 27 dB<sup>18</sup>.

En conclusión, y derivado de las publicaciones consultadas, que debidamente se ve referenciada en el apartado correspondiente de bibliografía, se refleja con nitidez que los resultados y conclusiones propuestos en ellas,

---

<sup>18</sup> Alumnos de primaria en Suiza utilizan protectores auditivos *Peltor de 3M* para mejorar su rendimiento escolar. Recuperado de <https://www.asepal.es/actualidad/novedades/alumnos-de-primaria-en-suiza-utilizan-protectores-auditivos-3m-para-mejorar-su>[Confirmado el 22,01,2020].

conectan con nuestras aspiraciones e inspiran profundamente nuestro trabajo, pues entendemos que la finalidad perseguida es fruto de una preocupación compartida, ya que nuestra población diana se ve sometida a niveles de presión sonora, incluso superiores a los comentados anteriormente como se pondrá de manifiesto a lo largo del documento aquí presentado.

### **I.3 Hipótesis general**

En primer lugar, apuntar la inquietud global a través de las connotaciones implicadas en su recorrido. Inicialmente interesa descubrir qué había de cierto sobre las valoraciones del efecto planteado en el contexto de experimentación de laboratorio, pero al mismo tiempo, considerando la posibilidad de que pueda servir éste en su caso, de herramienta viable y eficaz que favorezca las condiciones ambientales de las salas neonatales, y en particular, el desarrollo neurológico de la población diana. Y por extensión, si dichos resultados también puedan extrapolarse a otros ámbitos, como el curricular y pedagógico, y sirven finalmente para sistematizar las tareas de desarrollo que permitan optimizar los aprendizajes y capacidades en la etapa de EP, estaríamos en la mejor versión posible que podría definirse en el recorrido de metas planteado. ¡Sin duda, se configura una hipótesis muy ambiciosa, y no exenta de dificultades, pero a la que pretendemos dirigirnos!

Por ello, para iniciar este camino, la finalidad es ofrecer unas respuestas provisionales que puedan contestar a la pregunta inicial o problema de investigación. Establecer una buena hipótesis general, aún con carácter preliminar, pretende situar nuestra base de investigación, haciendo las suposiciones necesarias para llegar a las conclusiones o a una idea de aproximarse a cómo van a ser los resultados que esperamos. En este sentido,

una hipótesis (Selltiz et al,1974) puede estar basada simplemente en una sospecha, en los resultados de otros estudios y la esperanza de que una relación entre una o más variables se den en el estudio en cuestión, o también pueden estar basadas en un cuerpo de teorías que, por un proceso de deducción lógica lleva a la predicción de que, si están presentes ciertas condiciones, se darán determinados resultados. Precisamente en esta consideración se enmarca este estudio de investigación, pues trata de verificar si nuestra propuesta es válida para reflejar la incidencia directa entre las estimulaciones sensoriales sonoras y/o musicales establecidas y el desarrollo o no de las potencialidades o capacidades en los sujetos de las diferentes camadas de rata Wistar, atendiendo a una triple dimensión:

#### Hipótesis I

En primer lugar, a través de una hipótesis teórica complementaria basada en si el supuesto efecto que se pretende potenciar en nuestro diseño experimental se sustenta en la revisión del amplio marco teórico planteado. De ser así, todos los planteamientos abordados que se ofrecen desde la estimulación sonora y/o musical de nuestra investigación, deben apoyarse de nuevo en una revisión bibliográfica y documental rigurosa, coherente y profunda, para que el desarrollo o desajuste de las capacidades que se presuponen, se vean reflejados efectivamente en el estado de ansiedad y potencialidades motrices de las ratas neonatas participantes en el experimento de estimulación. Principalmente concretadas éstas, en las evidencias de su actividad locomotora, asumiendo de la misma forma la consecuente revisión sobre la

asociación, huella o registro internos en su organismo, producto como se prevé de un mayor o menor desarrollo de su actividad cerebral.

### Hipótesis II

En segundo lugar, a través de una hipótesis complementaria basada en la realización práctica y la definición de una propuesta concreta y específica de pruebas neuroconductuales y de inmunohistoquímica ligadas al experimento de estimulación sensorial propuesto. Así, si se generan indicadores de comportamiento suficientes para proporcionar, afianzar y consolidar unas mejoras sustanciales en las condiciones ambientales de las salas neonatales a favor de la población diana comprometida, podrá reconocerse a su vez, que éstas puedan servir de refuerzo técnico-descriptivo de su proyección prospectiva en otros ámbitos diferentes al exclusivamente sanitario, como el curricular o pedagógico, donde la Educación Musical pueda ocupar ese lugar formativo que le corresponde, siempre que se vea apoyada con los recursos multidisciplinares derivados y analizados en esta investigación.

### Hipótesis III

En tercer lugar, si una vez planteados, tanto la revisión teórica del diseño de investigación expuesto, como su posterior implementación en la práctica, se pueden aportar o no elementos que sitúen nuestro discurso con validez y eficacia haciendo efectivamente extrapolables los resultados encontrados en laboratorio a los contextos educativos. Pues así, podrá estimarse convenientemente, si la conquista o adquisición de competencias de determinadas capacidades realmente son susceptibles de potenciarse a través

de una acción educativa-musical adecuada en la etapa de EP, ofreciendo el consecuente ejercicio de reflexión y sensibilización a la Sociedad en general, y a la Comunidad Educativa en particular. Si esta posibilidad se produjera, dicha propuesta podría ser contemplada de forma viable a nivel institucional educativo, donde podrían considerarse, estudiarse, analizarse y sistematizarse los aspectos más relevantes aquí investigados.

Planteada la hipótesis en su triple dimensión, se pretende establecer la implementación de un proyecto de estimulación sonoro y/o musical que pueda proponer y potenciar un cambio sustancial donde quepa realizar un ejercicio de reflexión multidisciplinar a través de diferentes profesionales e instituciones, para que las premisas planteadas en la hipótesis, desde un punto de vista y alcance teóricos, pueden proporcionarnos también en la práctica, una base científica suficiente para tenerla en consideración, y en consecuencia, estimar o en caso contrario, desestimar tal propuesta.

Finalmente, reiterar de nuevo la relevancia de valorar, llegado el caso, la extrapolación y proyección prospectiva a otros ámbitos de aplicación para facilitar la tarea de generalización como motor de desarrollo de las potencialidades del niño y en consecuencia, optimizadora de sus aprendizajes.

#### **I.4 Objetivos de la investigación**

Existen en general, muchas más preguntas que respuestas suficientemente validadas y contrastadas documentalmente. Al intentar ofrecer respuestas desde un proyecto concreto como el diseñado en este documento,



necesariamente teníamos que reducir y concretar nuestro espacio de investigación para formular cuestiones que pudieran contestarse con solvencia desde nuestro estudio.

Precisamente, ese anhelo de búsqueda permanente por encontrar respuestas más claras, mejor acotadas y con un mayor grado de rigor, fueron las que propiciaron el arranque definitivo de esta investigación.

Entre las preguntas más destacadas que daban sentido a nuestra investigación, podemos mencionar las diez que han estimulado y orientado nuestro proyecto:

1. ¿El efecto pretendido es coherente desde los parámetros de la ciencia?
2. ¿El sistema de sonido monofónico planteado ha funcionado?
3. ¿Ha habido aumento o no, y en qué grado, de capacidad locomotora en las ratas participantes?
4. ¿Ha habido correlaciones significativas entre las distintas pruebas con respecto a las camadas participantes diferentemente estimuladas?
5. ¿Qué nos desvelan las pruebas histológicas sobre el efecto?
6. ¿Seremos capaces de evidenciar algún tipo de registro en las zonas cerebrales susceptibles de estímulo a través del desarrollo metodológico de experimentación animal planteado?
7. ¿Qué aportaciones nos ha ofrecido el enfoque multidisciplinar?
8. ¿Qué parte del efecto es veraz y aplicable a otros ámbitos de aplicación?

9. ¿Se pueden encontrar ejemplos donde existan evidencias reales de las repercusiones de la prematuridad en los contextos educativos<sup>19</sup>, y de ser así, la estimulación musical planteada de nuestra propuesta experimental de laboratorio puede ser útil en ese contexto?
10. ¿Es posible generar más líneas viables de investigación respecto a ésta?

Derivado de este proceso continuo de reflexión, el objetivo general y los siete específicos que se han perseguido se enumeran a continuación:

- 1) Estudiar el efecto o incidencia directa de las estimulaciones sonoras y/o musicales realizadas mediante un análisis de cuantificación entre los grupos muestra respecto a un grupo de control con evaluaciones doble ciego donde se objetiven al máximo los resultados obtenidos.
  - 1.A.- Construir un marco teórico multidisciplinar que establezca los conceptos básicos referidos al ámbito de aplicación investigado.
  - 1.B.- Elaborar e implementar un proyecto con un desarrollo metodológico experimental utilizando la Música frente al Ruido.
  - 1.C.- Describir los estados de ánimos y actividad motriz de los sujetos en función de las estimulaciones recibidas y las pruebas neuroconductuales realizadas.

---

<sup>19</sup> Según Orjales, I. por ejemplo, el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad es un trastorno de base neurológica, no es propiamente una lesión, sino más bien un peor y más lento funcionamiento relacionado con el área prefrontal del cerebro. La población infantil afectada se ubica entre el 3 y el 6% de los niños en edad escolar, con más afectación en los varones, donde influyen claramente factores como la prematuridad entre otros y existiendo un claro efecto de “Bola de Nieve” en el aprendizaje escolar y en el desarrollo vital posteriores. En [https://www.fundacioncadah.org/j289eghfd7511986\\_uploads/20120607\\_b4Ez7yOz9PUtfvpbTURw\\_0.pdf](https://www.fundacioncadah.org/j289eghfd7511986_uploads/20120607_b4Ez7yOz9PUtfvpbTURw_0.pdf). [Confirmado el 22,01,2020].

- 1.D.- Establecer correlaciones entre las diferentes camadas sujetas a la misma o distinta estimulación en función de las pruebas neuroconductuales e histológicas realizadas.
- 1.E.- Elaborar un tratamiento estadístico de los resultados obtenidos.
- 1.F.- Valorar las posibilidades reales respecto a su extrapolación a otros ámbitos de aplicación.
- 1.G.- Realizar un ejercicio de reflexión y sensibilización hacia la Comunidad Científica, Académica y Educativa sobre el valor y la importancia que la Música tiene como elemento formativo de primer orden, y la reafirmación de los aspectos nocivos sobre la contaminación sonora.

De este modo, a través de estas metas se espera confirmar la finalidad e importancia de este trabajo de investigación en nuestra disciplina. Esperamos obtener unas bases documentadas sólidas que permitan la formulación de principios de trabajo útiles, no solo para la mejora de las condiciones ambientales de la población diana, sino que además supongan un potente estímulo para la docencia musical, e incluso, sirvan de inspiración profesional para otros investigadores interesados en la temática. Expresar finalmente desde nuestra posición, que debíamos mantenernos también con prudencia hasta la valoración completa de los resultados, para llegado el caso, ofrecer las conclusiones oportunas que se deriven y poder situar convenientemente su proyección.

## I.5 Enfoque metodológico

En primer lugar, se ofrece una primera aproximación conceptual para acotar el modelo experimental al que pretendemos dirigirnos. En este sentido, el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE, en adelante) define *efecto* (del lat. *effectus*) como “aquello que sigue por virtud de una causa”<sup>20</sup> (primera acepción que aparece). Es decir, de esta definición podríamos extraer sin riesgo de equivocarnos, que se trataría del resultado de una acción, en la que además podríamos intuir que ésta, sería consecuencia de la incidencia provocada, en nuestro caso, por la estimulación sonora y/o musical producida.

Con la intención de seguir avanzando y profundizando en dicho concepto, quizás con un discutible acierto, podemos relacionarlo con un contenido eminentemente musical, como hace la Enciclopedia Salud<sup>21</sup>, donde se hace referencia a estimulaciones parecidas, con mucha tirada comercial, como se referencia sobre el concepto *Efecto Mozart*, término bastante superado en la actualidad por su poca base científica, que lo aproxima definiéndolo como: “La propiedad que tienen algunos tonos y ritmos musicales sobre la salud, ayudando a fortalecer la mente, que activa las emociones, incrementa la creatividad, sana el cuerpo y la mente, donde se tiene la convicción de que las vibraciones y ondas de la música actúan sobre el sistema nervioso, equilibrándolo”.

---

<sup>20</sup> RAE, Web (14,09,2019): *Definición de Efecto*. Recuperado de <http://www.rae.es/diccionario-de-la-lengua-espanola/la-23a-edicion-2014> [Consultada el 27/01/ 2015]. [Confirmado el 25,01,2020].

<sup>21</sup> Enciclopedia Salud, Web (15,09,2019): *Conceptualizaciones sobre el Efecto Mozart*. Recuperado de <http://www.encyclopediasalud.com/definiciones/efecto-mozart> [Confirmado el 29,01,2020].

De toda esta argumentación anterior, el único aspecto que nos interesa es la posibilidad de comprobar, efectivamente, si las ondas de la música actúan o no, sobre el sistema nervioso, y añadiríamos algo más, podríamos ofrecer un modelo experimental donde la vertiente acústica de la música ponga en valor sus parámetros (altura, intensidad, duración y timbre) frente a otros igualmente sonoros pero de distinta naturaleza, que puedan servir igualmente como estimuladores sensoriales, tal y como ocurre con los diferentes tipos de ruidos.

En consecuencia, el enfoque metodológico para llevar a cabo estas premisas lo vamos a realizar por un lado, bajo una perspectiva de investigación performativa (Palmer, 2013), donde asuntos tales como la disolución forma/contenido, referido a que la forma es definida por la percepción del oyente; el marco de análisis de lo invisible pero audible<sup>22</sup>, la asociación entre análisis y juicios de valor, donde pueda acentuarse una investigación neutra a base de registrar, describir y establecer los hechos musicales, ya que vivimos en un mundo interdisciplinar en el que la integración de distintos saberes y prácticas nos permitirá ver más allá e intentar resolver nuevos problemas con otros enfoques, y por otro, analizar siempre "*desde*"<sup>23</sup> la experiencia (Hernández Hernández, 2008). En nuestro caso, desde el propio proceso de creación, desarrollo y evolución del hecho musical provocado que conforma nuestro modelo experimental de estimulación sonora y/o musical.

---

<sup>22</sup> Palmer, A. (2013:34): propone el análisis expuesto como reflexión necesaria en una investigación para que sea performativa.

<sup>23</sup> Hernández, F. (2008:85-118): propone diferentes propuestas metodológicas, pero siempre, desde el punto de vista de la Investigación Basada en las Artes (IBA).

De esta forma, aun conociendo las limitaciones de nuestro contexto, se ha cumplido con el mayor cuidado metodológico, aportando el mayor rigor en los procedimientos llevados a cabo, desde las tomas iniciales de registro y grabaciones de los focos sonoros y su tratamiento (ruidos), como desde el punto de partida de la cuidada afinación de instrumentos, elección de timbres, consideraciones previas sobre la vertiente acústica y artística de las melodías, así como todos los demás aspectos ligados al tratamiento de la grabación, montaje y producción de las piezas musicales, para que nuestra investigación pueda ser entendida bajo los parámetros de accesibilidad, transparencia y transferibilidad<sup>24</sup> (Pérez Arrollo, 2012) en el que puedan quedar reflejados y establecidos los criterios de valoración que han de definir una investigación de esta naturaleza, procurando alejar de los procesos de investigación desarrollados, aquellas variables que pudieran distorsionar los resultados.

Y todo ello, bajo la perspectiva de ser utilizado desde un enfoque innovador e inédito desde la formulación y conjunto empastado de elementos que definan una Musicoterapia pasiva de extrema y sofisticada calidad de sonido, de tal forma, que los audios resultantes derivados del proceso paralelo de tratamiento queden en idéntico lugar en cuanto a la sonoridad resultante, como si se estuviera oyendo-escuchando desde la propia fuente original, como así ocurre con los efectos directos producidos por la actuación su homónima, la Musicoterapia activa.

---

<sup>24</sup> Pérez Arrollo, R. (2012:14): con prólogo de Fernando Hernández vuelve a ofrecer desde diferentes propuestas metodológicas la misma vía, considerando la práctica artística como investigación.

### **I.5.1 Fuentes primarias**

En cuanto a las fuentes primarias utilizadas, el doctorando que suscribe cuenta con dos trabajos relacionados directamente con el recorrido investigador que se ha llevado a cabo.

El primero de estos, se encuentra en el Repositorio Institucional<sup>25</sup> de la Universidad de Valladolid. Se defendió en el año 2013 y lleva el título de:

*“El cerebro musical en Educación Primaria”*

En aquella ocasión se puso en práctica un proyecto de audiciones para toda la EP para valorar, principalmente de forma cualitativa, la actitud y aptitud de escucha de todos los alumnos participantes de EP del colegio durante los tres trimestres del curso escolar, involucrando también la implicación y participación familiar. Los resultados fueron satisfactorios.

La segunda, se cursó y defendió en esta Universidad y derivó en la titulación que me permitió el acceso al Programa de Doctorado en Humanidades URJC. Se defendió en el año 2015 y lleva el título de:

*“El Efecto Mozart en el 1<sup>er</sup> ciclo de Educación Primaria”*

En esta ocasión, se puso en práctica un proyecto de audiciones solo para 1<sup>er</sup> ciclo de EP del colegio, donde los alumnos participantes escuchaban exclusivamente música de Mozart durante el desarrollo de las clases ordinarias de Lengua y Matemáticas, para valorar esta vez, de forma cualitativa y cuantitativa, diferentes aspectos sobre la nueva aptitud conseguida,

---

<sup>25</sup> UVA, Web (14,10,2019): *El cerebro musical en Educación Primaria*. Recuperado de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/3506> [Confirmado el 25,01,2020].

principalmente atencional y perceptiva, en el desarrollo de las áreas curriculares implicadas, durante el segundo y tercer trimestre. Los resultados también fueron satisfactorios.

Ambos documentos me han permitido adquirir y especializar conocimientos en una tarea progresiva y sistemática para avanzar en la tarea siempre difícil, pero apasionante de la investigación y educación musicales. Y de nuevo, ahora, vuelve a existir una nueva oportunidad, pero esta vez desde valoraciones exclusivamente cuantitativas y enmarcadas en un contexto ajeno al educativo como es el clínico, para poder arrojar conocimiento nuevo a través de una nueva fuente primaria, la representada por el estudio de tesis aquí presentado:

*“Estudio de los efectos de un modelo experimental sonoro y/o musical sobre la reactividad conductual y fisiológica de crías neonatales de rata Wistar”*

Todas las demás fuentes establecidas en este estudio de investigación, lógicamente, tienen la consideración de fuentes secundarias utilizadas como sustento documental y se hallan completamente referenciadas en el apartado bibliográfico de este documento.

### **I.5.2 Estructura de la investigación**

Desde el punto de vista estructural, el estudio comienza definiendo en su Capítulo I, la parte introductoria donde se ofrecen los motivos en los que se inspira esta investigación, justificando de forma motivada y fundamentando las argumentaciones a nivel normativo, pedagógico-educativo y sanitario. Se continúa con el estado de la cuestión situando la conexión entre Educación



Musical y Musicoterapia Pasiva con especial referencia a su modalidad pasiva, para pasar a la hipótesis general en su triple dimensión y el objetivo general desglosado en los siete objetivos específicos. Se apunta el enfoque metodológico desde una perspectiva performativa singular y personalizada utilizando la musicoterapia pasiva de alta calidad, con las dos fuentes primarias de las que partió en primera instancia toda esta investigación, y se finaliza con los parámetros iniciales de análisis, infraestructuras empleadas y las bases en las que se sustenta el modelo sonoro y/o musical establecido, así como los criterios de selección de los focos sonoros y de las piezas musicales.

Se otorga especial consideración al marco teórico a través del Capítulo II, describiendo las características generales de las UCIN y de las máquinas incubadoras neonatales, haciendo especial referencia al modelo concreto de incubadora Caleo Draeger del HCSC. Se hace un recorrido exhaustivo por las bases neuroanatómicas de la audición humana y se aportan elementos comparativos con respecto a los roedores sujetos a la experimentación. Se valoran las consecuencias, repercusiones del contexto sonoro estudiado y se ofrece una cobertura de cambio motivada por nuestro modelo experimental detallando su utilización y relevancia, e indicando las expectativas innovadoras que propone para una nueva dimensión de neuroestimulación auditiva.

El Capítulo III, propone el diseño, evolución, desarrollo e implementación de nuestro modelo experimental sonoro y/o musical para laboratorio clínico con ratas Wistar, dando buena cuenta del marco práctico de la investigación realizada, donde se plantean las bases iniciales para su diseño, con sus

características genéricas, y el planteamiento y realización de las pruebas, sin olvidar aspectos de suma relevancia como los hitos del desarrollo auditivo fetal humano como condición *sine qua non* de nuestra propuesta experimental. Se realiza una relación descriptiva de los materiales y recursos, y se proporciona información detallada y completa de todo el desarrollo metodológico y su ejecución en el laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC. Se finaliza con la interpretación estadística de los resultados y la proyección prospectiva implicada en su posterior aplicación al modelo humano, con referencia específica a los neonatos pretérmino.

Los Capítulos IV y V, respectivamente, ofrecen cobertura por un lado, a las conclusiones generales de la investigación, reflejando en las argumentaciones presentadas las valoraciones acerca de los resultados y su discusión, con conclusiones varias respecto a la hipótesis, objetivos y conclusiones establecidas, para concluir finalmente, con las dificultades encontradas en la investigación a lo largo de todo su recorrido, y por otro, se referencia la bibliografía y documentación utilizados, así como las batería de anexos presentada.

En definitiva, el conjunto estructural expuesto se presupone completo y equilibrado, además de corresponderse fielmente con la realidad estudiada.

Cada uno de los apartados o subapartados definidos son imprescindibles en su contexto particular para determinar con solidez su *leitmotiv* aportando coherencia interna en relación a los otros apartados relacionados en el documento.

### **I.5.3 Trabajo multidisciplinar de campo**

El trabajo multidisciplinar de campo se ha basado en acotar conceptualmente las tres vertientes utilizadas respecto a sus parámetros iniciales de estudio. En este sentido, se presentan la continuación los elementos implicados de cada una de ellas:

#### Vertiente musical

Donde el parámetro inicial de estudio viene representado por la melodía y su tímbrica, como elemento principal a la hora de abordar las piezas musicales.

#### Vertiente técnica

Donde el parámetro inicial de estudio viene referido a la tipología de ruidos propios de la UCIN, donde se ha de registrar y grabar cada uno de éstos para su estudio, así como el diseño de prototipo de recinto simulador de incubadora para la realización de las pruebas y mediciones conforme entorno real.

#### Vertiente médica

Donde el parámetro inicial de estudio viene representado por la localización cortical de los estímulos sonoros y/o musicales recibidos, y el efecto que se le presupone, respectivamente.

#### **I.5.3.1 Parámetros iniciales del análisis**

##### Vertiente musical

A parte de lo expuesto en el apartado I.5, nuestra propuesta musical se adapta 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 ellos proponiendo un estudio doble ciego, a través de la composición de piezas melódicas creadas por Andreas Vollenweider<sup>26</sup>, que simulan entornos de estimulación agradables ligados al despertar, acompañamiento al sueño e interacción en el parto, principalmente de estos neonatos, provocando 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<sup>27</sup>.

Este estudio ha sido financiado en Suiza por la Fundación Nacional de la Ciencia y la Fundación de la Primera Infancia, y se ha materializado con éxito dentro de un enfoque de musicoterapia desde la modalidad pasiva<sup>28</sup>.

Es interesante observar cómo habiendo comenzado nosotros, muchísimo tiempo antes con la elaboración de este diseño, se coincide plenamente, no solo con la modalidad, sino también con la tímbrica utilizada. En el presente trabajo se utiliza una tímbrica de instrumentos de láminas (metalófonos, carrillones, etc), mientras que en ese estudio se utilizaron campanas. De la misma forma hemos usado guitarra española en los acompañamientos, ellos,

---

<sup>26</sup> Discogs, Web: *Discografía completa de Andreas Vollenweider*. Recuperado de <https://www.discogs.com/es/artist/238952-Andreas-Vollenweider> [Confirmado el 22,11,2019].

<sup>27</sup> Blog de José Ramón Alonso (Neurociencia): *Música en bebés prematuros*. Recuperado de <https://jralonso.es/2020/02/18/musica-en-bebes-prematuros/#more-323857>. [Confirmado el 22,11,2019].

<sup>28</sup> El estudio usa el enfoque de musicoterapia desde la modalidad pasiva consiguiendo 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. Recuperado de [https://eurekaalert.org/pub\\_releases/2019-05/udg-mht052719.php](https://eurekaalert.org/pub_releases/2019-05/udg-mht052719.php) [Confirmado el 23,11,2019].

un arpa. Además, hemos buscado una tímbrica con frecuencias altas para las melodías a través del violín; por su parte su estudio hizo lo propio, utilizando este concepto de forma análoga con la flauta *punji*. Y finalmente, este estudio propone un enfoque abierto a varias edades gestacionales desde la semana 25 en adelante, mientras que el suyo sustenta la estimulación en una edad gestacional concreta con neonatos de 33 semanas.

Todo ello, refuerza la creencia personal de que el camino seguido estaba y está bien trazado.

#### Vertiente técnica

De la misma manera, los distintos sonidos (ruidos) que conforman el entorno sonoro en los espacios concebidos para el cuidado de los neonatos, se convierten también 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 que se pretendía describir, se determinan los focos sonoros representativos del estudio y se acomete un registro sonoro pericial donde se abordan diferentes análisis espectrales en diferentes periodos de la investigación. En este sentido, se aporta en el último de ellos una representación de los ruidos más destacados con acreditación y trazabilidad ENAC<sup>29</sup>, con los correspondientes certificados de calibración y verificación de los aparatos de medida involucrados.

---

<sup>29</sup> 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/> [Confirmado el 24,11,2019].

Los datos extraídos adquieren mayor relevancia al evidenciar los resultados, dónde el nivel de presión sonora existente dentro de la propia incubadora supera el límite referencial de presión acústica permitida, establecido por el propio fabricante en 47 dB A, analizado debidamente en el apartado II.2, donde se valoran con más detenimiento los ruidos más significativos encontrados y las restricciones legales establecidas al efecto.

Cabe anticipar también otro aspecto sobresaliente desde el punto de vista de la física del sonido, pues los focos sonoros representativos del estudio poseen la particularidad de que producen ruidos de bajas frecuencias<sup>30</sup> situados en valores  $\leq 1000$  Hz (Xun Yu *et al.* 2011), siendo registrados y grabados directamente en entorno real. En consecuencia, estos focos de ruido se presuponen estímulos aversivos muy activadores, cuya carga emocional negativa quedará reflejada en los resultados obtenidos.

#### Vertiente médica

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

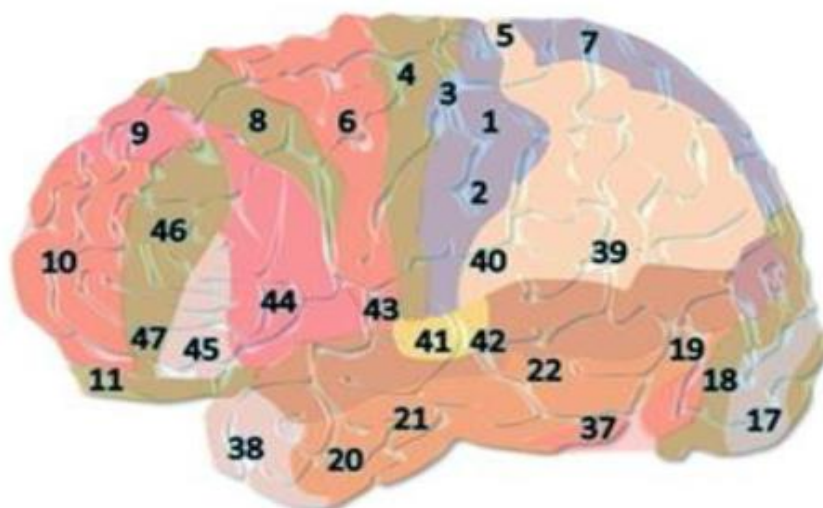
---

<sup>30</sup> Consideración diferente es la valoración de que estas frecuencias  $\leq 1000$  hercios representan como 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.

implicadas en respuestas relacionadas a la emoción que produce un estímulo auditivo (Le Doux *et al.*,1984).

Por tanto, la corteza auditiva humana se localiza en el giro temporal superior en 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, como entendemos ocurre con el diseño experimental propuesto. Véase Figuras 01.

Figura 01: Localización cortical de la Música (áreas 22, 41, 42)



Fuente: Neurovida.com (2017)

Estas apreciaciones se refieren al modelo humano. Respecto del modelo de los roedores se atenderá debidamente en el apartado II.3.1.

### **I.5.3.2 Jaula de experimentación versus incubadora neonatal**

En primer lugar, cabe señalar que tanto la jaula de experimentación, como la incubadora neonatal estudiadas, poseen un elemento plástico que forma parte de su estructura común exterior y que viene a conformar la caja o recinto de protección acústica.

Este es un elemento esencial que adquiere un valor importante en nuestro estudio, ya que nos ha permitido el registro y análisis de las fuentes sonoras tratadas conforme a un doble concepto: ruido interior / ruido exterior; así como nos ha ayudado decisivamente en el diseño de un prototipo para el estudio.

En el presente caso, la incubadora estudiada es de la marca Caleo Draeger (un referente en este sector). Está compuesta por un recinto de protección acústica o canopia, construida por el fabricante con un material de tratamiento industrial muy apropiado por su transparencia, muy resistente a los impactos, de combustión limitada, pero de difícil moldeo, el PC o Policarbonato Compacto<sup>31</sup>. Véase la Figura 02.

---

<sup>31</sup> El Policarbonato (PC) pertenece al grupo de los termoplásticos. Su nombre es debido a que se trata de polímeros que presentan grupos funcionales unidos por grupos de carbonato en una larga cadena molecular. Existe mucha tipología, es material con densidad (1,20 g/cm<sup>3</sup>), constante dieléctrica a 1 MHz 2,9 y su coeficiente de aislamiento acústico (4mm): 24 dB. Su alargamiento a la Rotura (%) 100-150, con una transmisión luminosa total de luz (3 mm): 86% cuyo rango de temperatura de uso va de -100 °C a +135 °C, lo que le hace muy resistente, en general, a una gran cantidad de productos químicos para su desinfección, entre algunas características destacadas. Recuperado de <https://www.polimertecnic.com/policarbonato-en-placas/#>. [Confirmado el 24,11,2019].



Figura 02: Canopia de Incubadora neonatal Caleo Dräger



Fuente: Draeger S.A. (2016)

Frente al anterior modelo, nuestra jaula de experimentación o estimulación ha sido construida con PMMA o Polimetacrilato de Metilo<sup>32</sup>. La razón principal para elegir este material ha sido el coste, mucho más barato, de transparencia similar y fácil al moldeo de cara a su construcción. Véase la Figura 03.

Figura 03: Jaula de experimentación inicial



Fuente: Elaboración propia (2019)

<sup>32</sup> El Polimetacrilato de Metilo, también conocido como PMMA, igualmente es un material termoplástico, rígido y transparente que se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo. Es un material con densidad (1,19 gr/cm<sup>3</sup>), constante dieléctrica a 1 MHz 2,6 y coeficiente de aislamiento acústico (4mm): 21 dB. Su alargamiento a la Rotura (%) 2,5-4, con una transmisión luminosa total de luz (3 mm): 93% cuyo margen continuado de temperaturas va desde -90°C hasta +85°C, lo que le hace menos resistente y duradero a algunos productos químicos, entre algunas características destacadas. Recuperado de <https://www.polimertecnic.com/metacrilato-en-placas/>. [Confirmado el 25,11,2019].

En definitiva, las características técnicas entre ambos materiales no son idénticas, sin embargo, resultan afines para estudiar, analizar y validar el diseño planteado en nuestra propuesta experimental.

### **I.5.3.3 Bases del modelo sonoro y/o musical establecido**

La base principal de la que parte este modelo sonoro y/o musical se basa en el criterio fundamental denominado: *escucha fácil* o “*easy listening*”<sup>33</sup>, donde la sencillez se aplica a todas las estructuras planteadas: estrofas y estribillos, en general, sin introducciones, ni codas, ni puentes, ni “descansos”, donde la consonancia melódica empaste con la progresión de los acordes y la base rítmica. Todo con extraordinaria sencillez, que nos invite a sumergirnos en un mundo sonoro abierto y accesible, no exento de contenido musical, pero tratando de huir de lo sofisticado y lo complejo<sup>34</sup>. En definitiva, se concede especial atención al 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 protagonistas están generalmente en ese ámbito de quinta y los intervalos más representativos son de segunda mayor y menor, por lo que se aprecian a

---

<sup>33</sup> Online Radio Box Web (27,03,2018): 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 sencillas. Este estilo musical, surgió a partir de la década de 1950 y evolucionó a partir de la música swing y la compuesta para Big Band. El género *easy listening* es también un formato de radio, e incluye dos tipos diferentes de música: la instrumental y la vocal. Nuestra propuesta apuesta por la primera. En [https://onlineradiobox.com/es/genre/easy\\_listening/](https://onlineradiobox.com/es/genre/easy_listening/) [Confirmado el 24,01,2020].

<sup>34</sup> Sánchez, J.A. & Pacheco I. (2018:67): proponen la conformación de estas estructuras y elementos básicos en la psico-música de melodías aplicada a la grabación digital.

menudo efectos en la melodía propios de los grados conjuntos, con el fin de aumentar el mencionado efecto *easy listening*.

En ocasiones también se intuye 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 “pequeñas sorpresas comedidas” que nunca rompen el flujo melódico establecido. De esta manera, nos proponemos caracterizar la base musical implicada en la concepción estimuladora planteada en el apartado II.8.

#### **I.5.3.4 Criterios de selección de focos sonoros o ruidos**

Cabe señalar, que la parte inicial de la investigación se dedica a organizar y encontrar los mejores momentos para poder registrar y grabar mediante tomas cortas ( $\leq 1$  minuto) todos los ruidos posibles. Debemos recordar que una UCIN está preparada para atender situaciones críticas prácticamente a diario, con lo que debíamos adaptarnos a las indicaciones recibidas intentando no interferir innecesariamente en las rutinas y protocolos atencionales establecidos.

De cara a una mayor objetividad y realismo de las condiciones del entorno, realizamos la toma de muestras y análisis en tres periodos distintos para ir aproximando y situando los aparatos atencionales con sus respectivos focos sonoros o ruidos. Así, se establecieron a modo de borrador unas medidas aproximadas iniciales.

Con esta aproximación de datos más concretos, solicitamos una relación inicial a Jefatura de Enfermería que habían acreditado ser susceptibles de provocar ruido cuantificable en referencia a unos funcionamientos atencionales regulares y constantes con la intención de tomar siempre las medidas en situación de contexto real.

Finalizado este primer periodo de aproximación, se procede a la primera toma de medidas válida para el estudio y se acota la relación de aparatos registrados y analizados con certificación colegiada susceptibles de producir ruido en la UCIN de HCSC a fecha 15/11/2016 quedando ordenada y clasificada como muestra la Tabla 02. De los 37 aparatos disponibles, se tomó registro a 28 de éstos (los que aparecen en dicha relación marcados en verde).

Tabla 02: Aparatos susceptibles de producir ruido en la UCIN-HCSC

**MATERIAL COMPLETO susceptible de producir ruido en UCIN de HCSC (15/11/2016):**

Nº	EQUIPO - VARIABLES	GRABADO	CTR	TR	TM	PS	I	F	NPS	DE
1.	Sensor Medics 3100 A VIASYS ***	N								
2.	Oxido Nítrico INOmax Dsir	S								
3.	Respirador Babylog 8000 Draeger	S								
4.	Sipap Infant Flow Carefusion	S								
5.	Sipap Arabella Hamilton Medical	S								
6.	Cpap Infant Flow System Eme	S								
7.	Sistema de alto flujo Fisher and Paykel	S								
8.	Cámara humidificadora Fisher and Paykel Healthcare	S								
9.	Invos Oximeter Somanetics	S								
10.	Monitor Función Cerebral Olympic 6000 (CFM 6000***)	N								
11.	Monitor Electrocardiografía Draeger Infinity kappa***	N								
12.	Pulsioxímetro Nellcor Covidien	S								
13.	Pulsioxímetro Máximo Radical 7	S								
14.	Tensiómetro Philips Sure Sing VS3	S								
15.	Mezclador Biomed Devices	S								
16.	Fototerapia fría Bilisoft***	N								
17.	Fototerapia caliente Ardo Amelux***	N								
18.	Hipotermia Inspiration Healthcare Tecotherm Neo	S								
19.	Incubadora Draeger Caleo (dentro - fuera)	S								
20.	Incubadora America medix mod.sm401 (no grabado-bebé)	N								
21.	Incubadora de transporte Giraffe (no grabado-bebé)	N								

22.	Respirador de Transporte Biomed Crossvent 2+	S																	
23.	Bomba de perfusión sistema jeringa Alaris Guardalis Plus	S																	
24.	Bomba de perfusión Alaris vs Plus Guardalis	S																	
25.	Bomba de alimentación Enteral Alaris Enteral	S																	
26.	Sacaleches Spectra	S																	
27.	Sacaleches Mamivac Sensitive cfh	S																	
28.	Calientabiberones Barkey	S																	
29.	Gasómetro Gem Premier 4000	S																	
30.	Ordenador monitor Lenovo torre y teclado hp	S																	
31.	Ordenador HP Compaq Ip 1905 torre del teclado Nec	S																	
32.	Ordenador HP 1740***	N																	
33.	Conductos Aire Acondicionado (en sala***)	S																	
34.	Ecocardiógrafo Mindray	S																	
35.	Cuna térmica Draeger Babytherm 8004 (no grabado-bebé)	N																	
36.	Sacaleches Medela	S																	
37.	Conductos Aire Acondicionado (en pasillo-cuarto***)	S																	

**LEYENDA:** (N = NO / S = SI)

**CTR** – Comportamiento Temporal del Ruido (qué parámetro utilizar para su cuantificación)

**TR** – Tipo de Ruido (estable, fluctuante, impulsivo...)

**TM** – Tiempo de Medición (en segundos)

**PS** – Potencia Sonora (energía acústica de la fuente emisora de ruido)

**I** – Intensidad (en dB)

**F** – Frecuencia (en Hz)

**NPS** – Nivel de Presión Sonora (cuantificación de esta energía en un punto del medio)

**DE** – Dosis de Exposición (alto, medio, bajo – a la que se ve sometido el neonato)

(\*\*\* – Muy ruidoso) / (\*\*\*) – ruido despreciable al oído)

Fuente: Elaboración propia (2017)

En este sentido, los criterios de selección de estos focos sonoros fueron tres:

1. Registrar el mayor número de ruidos posibles.
2. Ordenar y clasificar dichos ruidos.
3. Elegir una relación reducida de los ruidos más representativos.

Finalmente, los focos sonoros se seleccionaron atendiendo de forma directamente proporcional a los funcionamientos atencionales anteriormente apuntados (regularidad en su utilización, tiempos de exposición, etc.) y se estimó una selección de los seis ruidos más significativos por su relevancia para su tratamiento posterior en estudio profesional de sonido. Dichos ruidos aparecen acotados debidamente en el apartado II.2 de este documento.

### **I.5.3.5 Criterios de selección de las piezas musicales**

Después de sondear y valorar dentro de la Historia de la Música la posibilidad de encontrar los mejores ejemplos musicales respecto a las distintas etapas, autores, géneros, estilos, etc. para poder en un primer intento de aproximación, seleccionar las piezas musicales adecuadas e ir avanzando en la construcción de nuestro *Arca de la música*<sup>35</sup>, nos propusimos plantear un primer filtro de selección de las piezas musicales de cara al diseño experimental de esta parte de nuestro estudio.

Independientemente de la selección musical concreta que pudiéramos elegir, éramos conscientes de la necesidad de analizar bien los criterios de selección para asegurar una toma de decisiones lo más objetiva posible a los intereses perseguidos, que no eran otros, que cumplir con los objetivos planteados en el diseño musical de aproximación.

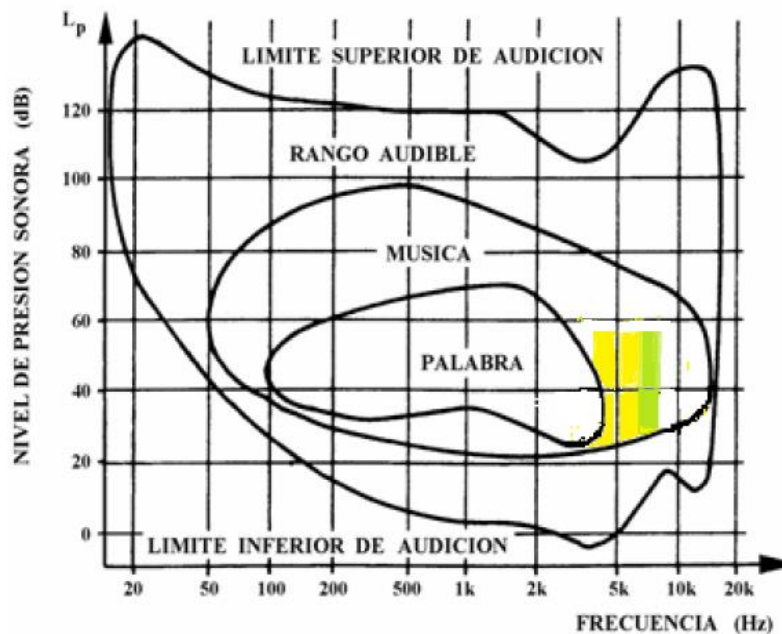
Teníamos claro que estos requisitos pasaban por respetar dos elementos principales para poder así optar a una selección definitiva. Por un lado, respetando el rango audible perseguido en el experimento. Véase Figura 04, donde aparece una limitación ética previamente contemplada, situada por coherencia en el valor de presión sonora máximo entendible como razonable, tras el análisis de los valores derivados de los dos informes periciales obtenidos sobre los focos sonoros relativos a ruidos y nivel de presión sonora en la UCIN del HCSC.

---

<sup>35</sup> Conjunto de piezas musicales susceptibles de poder emplearse específicamente según un planteamiento gestacional concreto una vez pasadas por un filtro de adecuación que las optimice para tal fin. Para dicha tarea se atenderá principalmente a su dimensión melódica, que como podrá apreciarse a continuación, va a conformar lo que se denomina como *filtro MUCANE* de este estudio.

Derivado de ello, se consideró que el límite de presión sonora de las estimulaciones musicales y/o sonoras estuvieran en un margen máximo<sup>36</sup> comprendido entre 57,8 a 60 dB, que representa la franja de medidas mínima de las observadas en el conjunto de los análisis de todos los ruidos estudiados.

Figura 04: Rango audible perseguido en el diseño experimental



Modificación propia y adaptada de ONDASYACUSTICA (2018)

De forma paralela, debíamos apelar convenientemente a la vertiente acústica de la música a través de las melodías siguiendo los planteamientos y conceptualizaciones de la musicoterapia, proponiéndonos ubicar las estimulaciones musicales en márgenes de alta frecuencia (entre 3.000 a 20.000 Hz) para energetizar<sup>37</sup> que se vieran afectadas favorablemente las

<sup>36</sup> Después de la reunión con la dirección de la vertiente médica de este estudio, se estimó la recomendación de situar este margen de presión sonora en función de la valoración completa de los aspectos éticos implicados y referidos al conjunto, dando por válido dicho margen.

<sup>37</sup> Tomatis, A. (1991:35-45): fue de los primeros en interesarse por los estudios espectrales de las melodías compuestas por W. A. Mozart, L. Mozart, A. Salieri, L.V. Beethoven, J.S. Bach, J. Hayden, R. Wagner, entre otros compositores. Incluso, llegó a analizar piezas musicales de otras épocas, como así hizo con varios ejemplos de Canto Gregoriano. De esta manera, estudió pormenorizadamente los espectros de frecuencia entre 3.000 Hz a 8.000 Hz refiriendo en todos ellos carga cortical.

operaciones mentales y psicológicas (Tomatis, 1991), pero sobre todo, tomando como referencia principal la supuesta excitación producida en las ondas cerebrales como base neurológica de las estimulaciones musicales, con especial consideración sobre las ondas de tipo  $\alpha$  (principalmente) y tipo  $\beta$  por su significación<sup>38</sup> en el ámbito de la neuroestimulación auditiva, incorporándose de forma complementaria al caracterizar la base musical del apartado II.8.

Así, el espectro de frecuencias musicales que hemos tenido en cuenta para elegir las piezas musicales, e incluso crearlas, o por qué no, reconstruirlas a través de otras ideas musicales, se ubica principalmente en el primer tramo de zona amarilla entre 3000 a 6000 Hz, lo que hemos considerado y denominado como *filtro MUCANE* en este estudio de investigación. Véase Figura 05.

Figura 05: Frecuencias de las melodías con filtro MUCANE

Notas Musicales	Número de la Octava								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
DO	32,7	65,4	130,8	261,7	523,5	1.047,0	2.094,0	4.188,1	8.376,3
DO# RE b	34,6	69,3	138,6	277,3	554,6	1.109,2	2.218,4	4.436,9	8.873,8
RE	36,7	73,4	146,8	293,7	587,5	1.175,1	2.350,2	4.700,4	9.400,9
RE# MI b	38,9	77,8	155,6	311,2	622,4	1.244,9	2.489,8	4.979,6	9.959,3
MI	41,2	82,4	164,8	329,7	659,4	1.318,8	2.637,7	5.275,4	10.550,9
FA	43,6	87,3	174,6	349,3	698,6	1.397,2	2.794,4	5.588,8	11.177,7
FA# SOL b	46,2	92,5	185,0	370,0	740,1	1.480,2	2.960,4	5.920,8	11.841,6
SOL	49,0	98,0	196,0	392,0	784,0	1.568,1	3.136,2	6.272,5	12.545,0
SOL# LA b	51,9	103,8	207,6	415,3	830,6	1.661,2	3.322,5	6.645,1	13.290,2
LA	54,9	109,9	219,9	440,0	879,9	1.759,9	3.519,9	7.039,8	14.079,6
LA# SI b	58,2	116,5	233,0	466,1	932,2	1.864,5	3.729,0	7.458,0	14.916,0
SI	61,7	123,4	246,8	493,8	987,6	1.975,2	3.950,5	7.901,0	15.802,0

Fuente: Modificación propia y adaptada extraída de Del Olmo (2009:72)

<sup>38</sup> Web de PSICOLOGÍA (21,01,2017): donde, desde la perspectiva de las ondas cerebrales, se aborda la actividad eléctrica cerebral *tipo  $\alpha$*  respecto a la capacidad perceptiva del ser humano Recuperado de <http://www.ub.edu/pa1/node/130>. [Confirmado el 24,01,2020].



En este sentido, los criterios de selección de las piezas musicales también han sido tres:

1. Respetar el principio de *escucha fácil* o “*easy listening*”.
2. Ubicar las melodías entre 3000 a 6000 Hz.
3. Elegir una relación reducida de melodías.

Finalmente, las melodías seleccionadas han atendido de forma directamente proporcional a criterios artísticos (rítmicos, tímbricos, de afinación, etc.) y se seleccionaron las seis melodías creadas a tal efecto para procesarlas con un tratamiento de afinación específico, grabación, montaje y producción posteriores en estudio profesional de sonido, definiendo así, las piezas musicales establecidas.

Por supuesto, tanto en la parcela sonora como en la musical, se ha respetado escrupulosamente que las estimulaciones sonoro y/o musicales no sobrepasaran el límite ético de presión sonora establecido.

## **CAPÍTULO II: LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS NEONATALES (UCIN) RESPECTO AL MODELO HUMANO**

### **INTRODUCCIÓN**

En primer lugar, a la hora de abordar la realidad sonora<sup>39</sup> de las salas de atención neonatal, debemos poner en valor el gran servicio social que prestan. Bajo esta perspectiva, estas salas están preparadas para ser la segunda mejor opción después del útero materno, pero no por ello son un entorno cómodo, ya que existen distintos aspectos que pueden ser perjudiciales para el neonato. De esta manera, un estudio pormenorizado suponía un reto ambicioso y complejo, por lo que abordar todos y cada uno de los ruidos examinados, nos ha llevado necesariamente a proponer metas muy concretas y viables a corto plazo. Por ello, decidimos poner el acento en el análisis del microentorno circunscrito al rendimiento sonoro que posibilita y envuelve el servicio de atención neonatal de la incubadora Caleo Dräger<sup>40</sup>, así como de los diversos aparatos empleados que de forma regular son más utilizados dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del Hospital Clínico San Carlos de Madrid.

---

<sup>39</sup> Realidad sonora formada por ruidos en su mayoría, generados por motores y sistemas afines caracterizados por bajas frecuencias en torno a 500 hz en los cuales cabría, llegado el caso, *Active Noise Control (ANC, del inglés): Cancelación Activa de Ruido*, donde se provoca una atenuación importante de la señal sonora a través de la emisión de ondas con las mismas frecuencias pero en dirección contraria a las ondas que se pretenden cancelar; es decir, esta contrafase produciría por interferencia destructiva un efecto significativo de atenuación o *zona de silencio*. En cualquier caso, no es asunto de este estudio de tesis abordar esta temática.

<sup>40</sup> El microambiente silencioso de la Caleo Dräger y todos sus componentes se han diseñado para funcionar de forma silenciosa y con bajos niveles de ruido interno (menos de 47 dB A). Recuperado de caleo-gesamt-br-9067328-es-1506-2.pdf [Confirmado el 25,11,2018]. Estos valores de presión sonora en los niveles de ruido se deben a medidas tomadas en circunstancias de laboratorio. En contexto real, las medidas tomadas directamente en sala, desde dentro y fuera de dicha incubadora junto a los aparatos seleccionados, son bastante superiores como veremos a continuación.

Evidentemente, todo este microentorno obligado manifiesta una serie de evidencias sonoras que deberían mejorarse y a las que necesariamente, se ven expuestos los neonatos pretérmino cuando llegan a la UCIN.

De alguna forma nos sentíamos reconfortados, y eso que inicialmente distábamos mucho de hacernos ilusiones del mérito de nuestro discurso, sin embargo, gracias a la permanente generosidad del Dr. José Antonio Martínez Orgado -comprometido absolutamente con esta iniciativa-, el camino que parecía trazarse seguía alentándonos y ofreciéndonos seguridad, sin duda también animada por el hecho de haber logrado conformar y mantener en el tiempo un equipo multidisciplinar con un alto grado de competencia, que de forma externa y paralela a los propios recursos del HCSC, estuviera desarrollando tareas de investigación para construir una sólida base científico-descriptiva que pudiera potenciar un más que probable procedimiento preventivo de normalización y mejora del desarrollo neurológico de estos niños. Y todo ello, progresando hacia un enfoque que permitía vislumbrar con mayor nitidez una optimización sin precedentes de las circunstancias sonoras ambientales de las UCIN donde la estimulación musical supusiera el elemento principal de mayor alcance, en conclusión, nuestra primera magnitud de referencia.

En consecuencia, todo el diseño y planificación iban evolucionando, donde este previo y profundo análisis de la realidad sonora estudiada, y la metodología artístico-musical que se avanzaba en la parte introductoria del Capítulo I, estaban conectando plenamente como herramienta de acceso con el enfoque de musicoterapia planteado. Esta circunstancia nos proporcionaba la confianza suficiente para poder continuar con el trabajo emprendido en

referencia a las mejoras asistenciales planteadas. Así, las ya existentes dentro del tratamiento de la prematuridad en cualquier sala de UCIN, de cualquier hospital, independientemente de cuál sea la marca comercial de la máquina incubadora que pueda utilizarse en estos servicios neonatales, podrían verse claramente complementadas.

## II.1 Características generales de las UCIN e incubadoras neonatales

Cabe señalar que las unidades neonatales históricamente han sido pequeñas, con espacios insuficientes e inadecuados para el almacenamiento y necesidades del personal y las familias, pero con la aparición del concepto del "cuidado centrado en la familia" los espacios se han ido incrementando<sup>41</sup>. Actualmente, la tendencia general es que la familia permanezca el mayor tiempo posible cerca del recién nacido hospitalizado, sin limitación de horarios, por lo que los espacios originalmente dedicados a los cuidados básicos y especiales deben ser suficientes requiriendo disponer de al menos 7 m<sup>2</sup> de promedio por paciente para garantizar tal fin<sup>42</sup>. Además, hay que contar con todas las necesidades asociadas a la prolongada presencia de los padres y las familias en los hospitales, por lo que se deben considerar espacios de estar, lugares para alimentarse y servicios higiénicos adecuados. Existe mucha literatura científica (Martín, 2003; García del Río *et al.* 2007; José M. *et al.* 2009) que ha demostrado suficientemente los beneficios de la ubicación especializada en nacimientos de alto riesgo, especialmente referidos a los menores de 1000 gramos, donde la mortalidad es más baja en las unidades de mayor complejidad y mayor volumen de pacientes a pesar de ser centros de

---

<sup>41-42</sup> En referencia a los estándares y recomendaciones de calidad del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad sobre las Unidades de Neonatología del año 2014.

derivación de pacientes críticos. Existe una revisión de trabajos que demuestra que esta diferencia es especialmente significativa en los neonatos pretérmino menores de 29 semanas (Luna, 2007). En definitiva, diversas experiencias en distintos países del mundo han demostrado que, para mejorar la atención neonatal y sus cifras, es importante ubicar y organizar específicamente su cuidado de modo que se pueda aportar el mejor tratamiento de la manera más indicada.

En consecuencia, se han definido distintos niveles de cuidado perinatal, es decir, en función del riesgo idealmente definido antes de nacer, concentrando el nivel de cuidado de los niños en función de su mayor riesgo y la consideración clínica de sus patologías, con lo que se han conseguido importantes avances en su atención, a pesar de ser éstos, pacientes extremadamente críticos y complejos<sup>43</sup>. Véase Tabla 03 donde se clasifica la prematuridad del neonato en función de su edad gestacional.

Tabla 03: Clasificación de la prematuridad

DENOMINACIÓN	TIEMPO DE GESTACIÓN
A término	Entre la semanas 37 a 43 (semana 40 = 9 meses)
Prematuros tardíos	Entre las semanas 34 a 36 (antes de la semana 37)
Prematuros moderados	Entre la semanas 32 a 33
Grandes prematuros	Entre la semanas 28 a 31
Extremadamente prematuros	Menos de la semana 28 (estudio = semana 25 a 28)

Fuente: Elaboración adaptada de OMS (2017)

<sup>43</sup> Como es lógico, esta consideración o clasificación de pacientes extremadamente críticos y complejos viene condicionada con el momento gestacional en el que se produce el nacimiento del neonato.

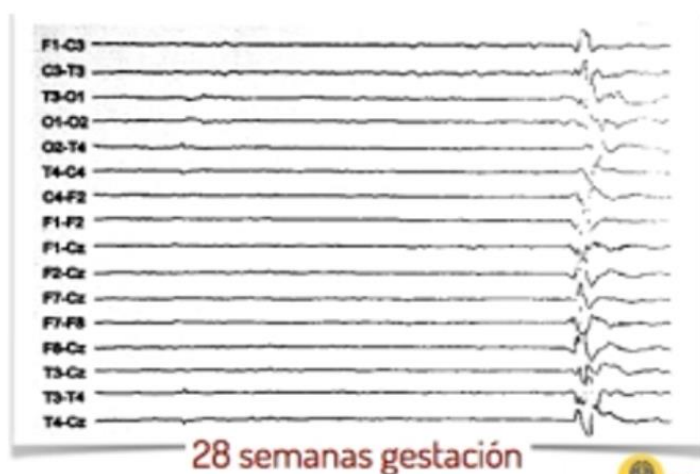
Es relevante destacar en referencia a la clasificación anterior, que el objetivo inicial de nuestro recorrido investigador nos situó durante los dos primeros años de investigación ubicando su foco de análisis experimental entre las semanas 25 a 28 de gestación por entender que este periodo es el más interesante para ofrecer un campo de experimentación muy singular.

A partir de la semana 25 (25s), empiezan a originarse las primeras señales eléctricas en el cerebro del neonato, véanse Gráfico 04 y 05. Esta circunstancia resulta relevante, ya que la experimentación sensorial a partir de esta edad gestacional la entendíamos, y seguimos entendiéndola, como nuestro punto de partida. Realizar estimulaciones musicales antes a esa edad gestacional no parecía lo más coherente, ni relevante, como se documenta en el apartado II.7.2 de este documento.

Gráfico 04: Señales eléctricas del cerebro de un neonato de 28 s

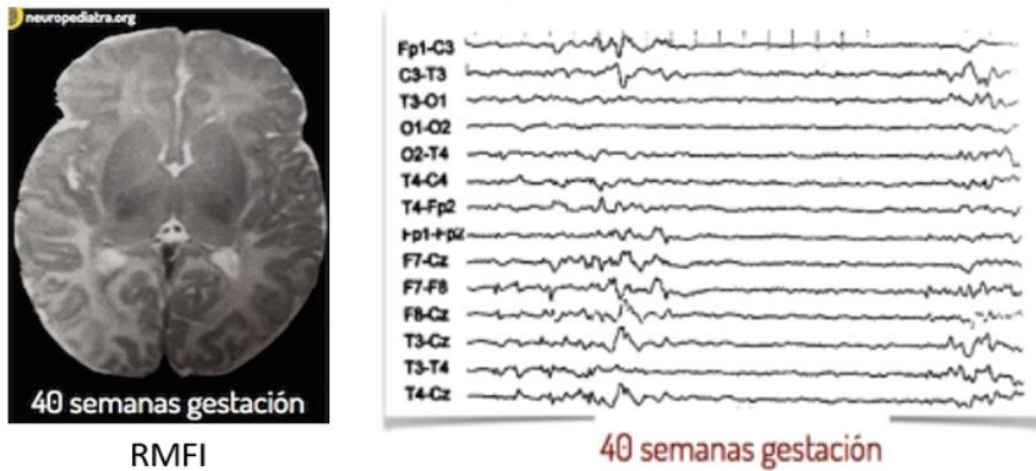


RMFI



Fuente: Neuropediatra.org (2017)

Gráfico 05: Señales eléctricas del cerebro de un neonato a término



Fuente: Neuropediatra.org (2017)

A pesar de ello, tenemos constancia de que siempre existen circunstancias de excepcionalidad a la regla que se sitúan en ese margen ciertamente incompatible con la vida. Véase Figura 06, donde el récord de prematuridad mundial lo ostenta la niña Amilia Taylor nacida en Miami en el año 2009 en la 21s de gestación con un peso de 284 gramos y 24 centímetros de longitud.

Figura 06: Récord de prematuridad mundial



Fuente: elpais.com (2016)

Por otro lado, también existen recién nacidos o RN de alto riesgo, que requieren cuidados especiales y no han sido identificados prenatalmente. Se aproximan cifras en torno al 25% donde los niños que requieren cuidado intensivo no tenían factores de riesgo identificados antes de nacer<sup>44</sup>.

En definitiva, todos los niveles de atención perinatales tienen relación directa con la edad gestacional de los niños que deben atender. Por eso, tienen que estar preparados de forma generalizada para diagnosticar situaciones de riesgo, ofrecer la mejor respuesta asistencial para su estabilización, disponer de un sistema de transporte bien equipado y personal altamente capacitado para su traslado en las mejores condiciones. En referencia a las consideraciones generales que han de darse en estas salas, existen permanentemente revisiones de estándares de calidad neonatal en la literatura abarcando todas las áreas implicadas: niveles de atención, recursos humanos, equipamiento, estructura arquitectónica, etc., de tal forma que dichos estándares mínimos aseguren una adecuada atención al recién nacido y su familia con el objetivo de otorgar la mejor atención posible en cada unidad de acuerdo a su propia categoría (Unidades de Neonatología: Estándares y recomendaciones de calidad Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2014). De esta forma, el Servicio o Unidad de Neonatología, es toda aquella sección intrahospitalaria que garantiza la cobertura asistencial de los pacientes neonatos, su asistencia y reanimación en la sala de partos e incluye

---

<sup>44</sup> Desde el Comité de Estándares y Junta Directiva de la Sociedad Española de Neonatología, se ofrecen datos estadísticos de este tipo y se proponen diferentes niveles asistenciales ofreciendo una serie de recomendaciones de mínimos para la atención neonatal. Recuperado de web <https://www.analesdepediatría.org/es-niveles-asistenciales-recomendaciones-minimos-atencion-articulo-S1695403312004869>. [Confirmado el 23,11,2018].



la atención del neonato que se encuentra en puerperio<sup>45</sup> con su madre (García del Río *et al.* 2007).

Por otro lado, desde el punto de vista operativo se considera atención neonatal a todo ese periodo que va desde el momento del nacimiento hasta las 44 semanas de edad postconcepcional, con un mínimo de 28 días y sin restricciones de peso al nacer (White, 2007).

Después de estas 44 semanas, deben ser derivados a los Servicios de Pediatría por haber superado ese período de atención neonatal. La consideración patológica propia del neonato cambia y se convierte en la de pacientes crónicos pediátricos.

Desde un punto de vista nacional, la planificación de recursos y prestaciones de los Servicios de Neonatología de los Hospitales del Instituto Nacional de Salud (INSALUD, 2000) de nuestro país, establece las siguientes categorías a la hora de contemplar las unidades neonatales (Unidades de Neonatología: Estándares y recomendaciones de calidad Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2014):

- A) La Unidad de Cuidados Básicos – Nivel I, aquella dependencia destinada al manejo de pacientes totalmente estables sin riesgo conocido y que están hospitalizados por estudio o tratamiento de patologías no complejas, en espera de condiciones para el alta sin riesgo inminente y

---

<sup>45</sup> El puerperio es el tiempo que pasa desde la expulsión de la placenta o alumbramiento hasta que el aparato genital vuelve al estado anterior al embarazo. Suele durar entre seis y ocho semanas, es decir, alrededor de unos 40 días. Por eso, a este periodo se le conoce tradicionalmente como cuarentena. Recuperado de <https://www.natalben.com/puerperio> [Confirmado el 25,01,2019].

pacientes con fototerapia de bajo riesgo que no requieren para su cuidado de monitoreo no invasivo o vigilancia permanente.

- B) La Unidad de Tratamiento Intermedio – Nivel II, aquella dependencia de neonatología destinada al manejo de pacientes estables que requieren para su cuidado de monitoreo no invasivo, vigilancia y manejo de enfermería permanente además de cuidados médicos.
- C) La Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) – Nivel III, que es aquella dependencia destinada a proporcionar cuidado médico y de enfermería permanente y oportuna a pacientes críticos inestables. Se caracteriza por contar con atención médica permanente, así como tecnología de alta complejidad. Su atención está ligada a lo que se denomina neonato crítico, aquel recién nacido enfermo cuya condición patológica afecta uno o más sistemas, que pone en serio riesgo actual o potencial su vida y que presenta condiciones de reversibilidad, que hacen necesaria la aplicación de técnicas de monitorización, vigilancia, manejo y soporte vital avanzado. A su vez, cuentan con unidades Nivel III A y Nivel III B, de requerimientos especiales neonatales y de resolución de problemas específicos, respectivamente.

En general, esta clasificación se define de acuerdo al número de nacimientos, equipamiento (capacidad resolutoria) y posibilidad de traslado a una unidad de mayor complejidad (distancia y accesibilidad). Por esta razón, cada una de ellas posee sus requerimientos, personal facultativo y de enfermería, unidades de apoyo y demás recursos.

En este sentido, la UCIN del HCSC goza de los dos últimos niveles de atención presentados anteriormente<sup>46</sup>.

Por último, el *Servicio* o *Unidad de Neonatología* debe tener una configuración tal que permita cumplir con los objetivos y metas para la cual ha sido creada y siempre en función del nivel correspondiente de complejidad.

En cuanto a los registros deben ser documentos confidenciales<sup>47</sup>, que pueden llegar a tener connotaciones legales. El lenguaje empleado debe ser técnico y detallado, con datos de máxima exactitud. En ellos no deben utilizarse abreviaturas que no sean de uso común. Deberá desarrollarse un sistema de indicadores de cobertura y calidad de atención. Los registros deben permitir generar informes periódicos.

En cuanto a la distribución y organización de espacios, se debe cumplir con los mínimos requeridos para el equipamiento y disminución del riesgo de infecciones nosocomiales<sup>48</sup>, así como de accidentes, permitiendo el flujo y estancia de pacientes, padres y equipos sanitarios o de salud.

Debe disponerse también de espacio para la asistencia, bodegaje, equipos, capacitación y espacios administrativos y de gestión. En referencia a la diversidad de equipamiento y aparataje técnicos, debe existir un programa de

---

<sup>46</sup> Unidad de Cuidados Medios e Intensivos Neonatales del Hospital Clínico San Carlos. Recuperado de <https://www.comunidad.madrid/hospital/clinicosancarlos/profesionales/unidad-cuidados-medios-e-intensivos-neonatales> [Confirmado el 27,12,2019].

<sup>47</sup> El sistema de registros dependerá de cada nivel local, sin embargo, en un futuro próximo se tiene previsto crear un sistema estándar para todo el país, con procedimientos computarizados.

<sup>48</sup> Las infecciones nosocomiales (del latín *nosocomium* «hospital») son infecciones adquiridas durante la estancia en un hospital y que no estaban presentes ni en el período de incubación ni en el momento del ingreso del paciente neonatal.

mantenimiento preventivo según la recomendación del fabricante y hoja de vida de la totalidad de los equipos disponibles. Con el fin de asegurar servicios de la mejor calidad, es imprescindible que éstos se manejen por normas, guías y manuales que permitan uniformar criterios y estandarizar procedimientos<sup>49</sup>.

En referencia puntual al equipamiento de la UCIN, la incubadora neonatal es el dispositivo médico principal para proporcionar un ambiente controlado con diferentes variables que son vitales para el desarrollo de los recién nacidos (Castrillón *et al.*, 2005). Inicialmente, su diseño era muy sencillo y solo suplía las necesidades básicas de los neonatos.

En la actualidad, sin embargo, a través de la ingeniería biomédica, encontramos incubadoras neonatales que son verdaderas máquinas con un funcionamiento y control informáticos muy sofisticados que cubren infinidad de variables (Bayona *et al.*, 2005) ligadas al funcionamiento y regulación de la temperatura, humedad, luminosidad, etc., de modo que cada recién nacido tenga mayores posibilidades de sobrevivir y de completar su desarrollo neurológico.

Independientemente de cuál sea el modelo y marca de las incubadoras neonatales, las prestaciones y servicio que desarrollan actualmente ofrecen las máximas garantías para que ese microentorno obligado esté cuidadosamente controlado de manera que pueda procurarse la mejor atención para estos niños.

---

<sup>49</sup> Estas normas deben estar actualizadas como máximo cada 2-3 años y deben estar en conocimiento y a disposición del personal de atención neonatal. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062009000200010>. [Confirmado el 22,01,2020].

En particular, en esta propuesta experimental la incubadora neonatal Caleo Dräger ha sido una de nuestras referencias, que además cuenta, con una serie de completas e inmejorables prestaciones, siempre avaladas por las especificaciones técnicas de su fabricante<sup>50</sup>.

Sin embargo, a la hora de valorar sus emisiones sonoras en contexto real, observamos dos funcionamientos sonoros especialmente relevantes que abordaremos en el siguiente apartado, pero que podemos adelantar de entrada. Por un lado, el ruido provocado por su motor interior (con emisión inferior a 47 dB A según fabricante) y por otro, el efecto amplificador que se producía dentro de su canopia (cubierta de policarbonato de la máquina) respecto de otros focos sonoros del ambiente de la UCIN estudiada. Aspecto acreditado en el análisis realizado (grabaciones y mediciones).

En conclusión, las UCIN actuales cuentan con una serie completa de sofisticados aparatos que intentan proporcionar las circunstancias más adecuadas para recibir a estos niños prematuros. De hecho, las incubadoras neonatales han mejorado mucho sus prestaciones estas dos últimas décadas, ya que suponen el primer recinto diseñado para sostener la llegada del bebé, ofreciendo un soporte acondicionado con secciones transparentes para la visión, con sensores y dispositivos para el seguimiento de sus estadísticas vitales, y demás condiciones ambientales apuntadas (temperatura, humedad, etc.).

---

<sup>50</sup> Incubadora neonatal de alto rendimiento Caleo Dräger software-1.n. Recuperado de <https://pdf.medicaexpo.es/pdf/draeger/caleo/68268-147800.html> [Confirmado el 25,01,2020].

No obstante, estas salas aún no han resuelto eficazmente y de una forma plena la compensación sonora que produce todo el conjunto de recursos sanitarios neonatales tratando de eliminar o atenuar los ruidos que estos instrumentos producen, sobre todo, de aquellos ruidos que son especialmente perjudiciales para un desarrollo neurológico neonatal óptimo.

## **II.2 Análisis del ruido en las UCIN**

Actualmente, apenas existen lugares libres de exposición a ruido intenso; en la calle, en el trabajo, en nuestros hogares, incluso en los hospitales, en los cuales podemos escuchar el ruido de teléfonos, monitores, máquinas de todo tipo, aparatos de ventilación mecánica, impresoras, alarmas, etc., además del ruido generado por el propio personal facultativo y de enfermería, así como el de pacientes y visitantes.

En las últimas décadas, multitud de investigaciones han venido advirtiendo de los efectos nocivos del ruido en el ser humano. Diferentes organismos, tanto nacionales como internacionales, han ido adquiriendo, incorporando y consolidando 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<sup>51</sup> derivadas de su exceso, tienen repercusiones a diferentes niveles<sup>52-53-54</sup>.

En este sentido, se han detectado incluso cambios en la agudeza visual relacionados con la duración e intensidad del ruido<sup>55</sup>, sin olvidar que también puede producir hipoacusia (sordera). Si bien es cierto que una exposición intermitente puede considerarse reversible, exposiciones más prolongadas, causan un daño grave e irreversible, pudiendo ocasionar un mayor deterioro en la función auditiva de personas que están expuestas a otros estímulos nocivos como los antibióticos ototóxicos<sup>56</sup>. En consecuencia, si todo ello ocurre con personas adultas, resulta fácil imaginar las repercusiones tan perniciosas que pueden llegar a derivarse de las exposiciones al ruido que estos niños 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 su desarrollo neurológico óptimo.

---

<sup>51</sup> Abel, S.M. (1990:11): encontró respuestas inmediatas en el sistema nervioso y musculatura voluntaria, más tardíamente en músculo liso visceral y sistema glandular, además del neuroendocrino. Algunas de estas respuestas se manifiestan a través de muecas, parpadeo, flexiones musculares proximales, desincronización electroencefalográfica, vasoconstricción periférica, aumento en la frecuencia cardíaca, respiración lenta y profunda, hiperreflexia, disminución de la motilidad gastrointestinal, disminución de la secreción gástrica y saliva.

<sup>52</sup> Grumet, G.W. (1993:435): argumenta que en pacientes con hipertensión arterial esencial hay incrementos en la presión arterial al exponerse al ruido; algunos tienen cambios electrocardiográficos que muestran bradicardia e isquemia, probablemente como resultado de vasoconstricción coronaria; hay también incremento en los niveles de angiotensina II, colesterol y triglicéridos.

<sup>53</sup> Vacheron, A. (1992:390): afirma además que en pacientes que se recuperan de infarto del miocardio se incrementan las arritmias ventriculares.

<sup>54</sup> Davis, J.F. (1993:255): contempla que el ruido induce la liberación de adrenalina y noradrenalina, y disminuye el sueño en la fase de movimiento rápido de los ojos (REM).

<sup>55</sup> Harazin, B. *et al.* (1990:165): advierten de las consecuencias negativas en la agudeza visual en entornos laborales donde se dan exposiciones duraderas e intensas de ruido.

<sup>56</sup> Anichin, V.F. *et al.* (1993:42): pone el acento en un mayor y más ágil deterioro de la capacidad auditiva al combinarse dichas circunstancias.

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<sup>57</sup>. Por tanto, su efecto puede multiplicarse cuando se trata de neonatos con circunstancias clínicas críticas, donde incluso existe un riesgo auditivo<sup>58</sup> mucho mayor por ser ésta una población extremadamente frágil y vulnerable, y por tanto, su sistema inmunitario es muy débil aún.

Desafortunadamente a día de hoy, existen pocos métodos desarrollados que sean eficaces para reducir estos ruidos derivados del uso y funcionamiento complementario de estos aparatos. Sin embargo, dado que el ambiente dentro de la UCIN es significativamente diferente, es muy deseable disminuir esos ruidos y proporcionar al bebé el ambiente más parecido al del útero materno.

---

<sup>57</sup> Mendoza-Sánchez, R.S. et al. (2006:127): lo califican como un sonido variable y aleatorio en intensidad y frecuencia, medido en decibeles (dB) que al venir expresado en una escala logarítmica multiplica exponencialmente su efecto. Por poner un ejemplo, un incremento de 10 dB hace que cualquier sonido supere con creces más de 10 veces su presión sonora.

<sup>58</sup> Moro Serrano, M. et al.(1997:535): acentúan los indicadores de riesgo auditivo en recién nacidos; tales como la historia familiar de hipoacusia neurosensorial congénita o instaurada en la primera infancia, la infección intrauterina, el peso al nacimiento inferior a 1.500 g, el empleo de fármacos ototóxicos o la hipoxia-isquemia perinatal, entre otros factores, como los responsables de que la hipoacusia infantil pueda desencadenarse posteriormente, con el alto coste que ello puede acarrear en los aprendizajes prelingüísticos de estos niños.



La literatura científica expresa con claridad (Jacobs, 2000; Trapanotto, 2004; Kemper, 2004), que se generan altos niveles de este tipo de ruido dentro de las incubadoras y eso repercute muy especialmente en estas edades gestacionales con 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<sup>59-60</sup>.

En este sentido, parece comprensible anticipar que estos efectos adversos sobre la salud del bebé tendrán consecuencias innegables a posteriori y se verá claramente comprometida su calidad de vida en un futuro.

Debe tenerse en cuenta también, que no todos los sonidos son perjudiciales para los lactantes. El útero no es un lugar silencioso (Kemper, 2004), ya que reproduce un sonido rico conformado por el medio ambiente que deriva del sonido procedente principalmente del corazón y vasos sanguíneos de la madre. Estos sonidos son muy beneficiosos para el desarrollo neurológico de los bebés y mejoran su futura comprensión en torno, por ejemplo, al aprendizaje posterior del ritmo y la melodía, además de que puede proporcionar alivio al estrés con beneficios significativos<sup>61</sup>.

---

<sup>59</sup> Jacobs, S.E. et al. (2000:961): registran y comparan resultados con bebés de 23 a 26 semanas de gestación.

<sup>60</sup> Trapanotto, M. et al. (2004:277): estudia la reactividad conductual y fisiológica al ruido en el recién nacido.

<sup>61</sup> Kemper, K.J. et al. (2004:51): refleja las actitudes y expectativas sobre la musicoterapia para bebés prematuros en el personal de una Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.

Sin embargo, para ilustrar la realidad de los ruidos de las incubadoras (Stennert et al., 1978; Lorenz, 2001) y de los dispositivos complementarios en estas edades gestacionales basta poner en valor algunos datos muy significativos derivados de algunos resultados estadísticos<sup>62-63</sup>.

Ya se ha apuntado con anterioridad que la mejora del ambiente sonoro en las UCIN es abordable técnicamente a través de la *Cancelación Activa de Ruidos* o *ANC* (*Active Noise Cancellation*, del inglés). Se debe tomar como referencia la única patente comercial que existe en el mercado<sup>64</sup> donde a través de la emisión de ondas en contrafase (Véase Figura 07) se obtuvo una ANC que lograba contrarrestar algunos de los ruidos de baja frecuencia de la Incubadora Giraffe finlandesa, provocando zonas de atenuación en el interior de su canopia (Véase Figura 08), lo que abre la puerta a un terreno de investigación prácticamente nuevo, y todavía inexplorado.

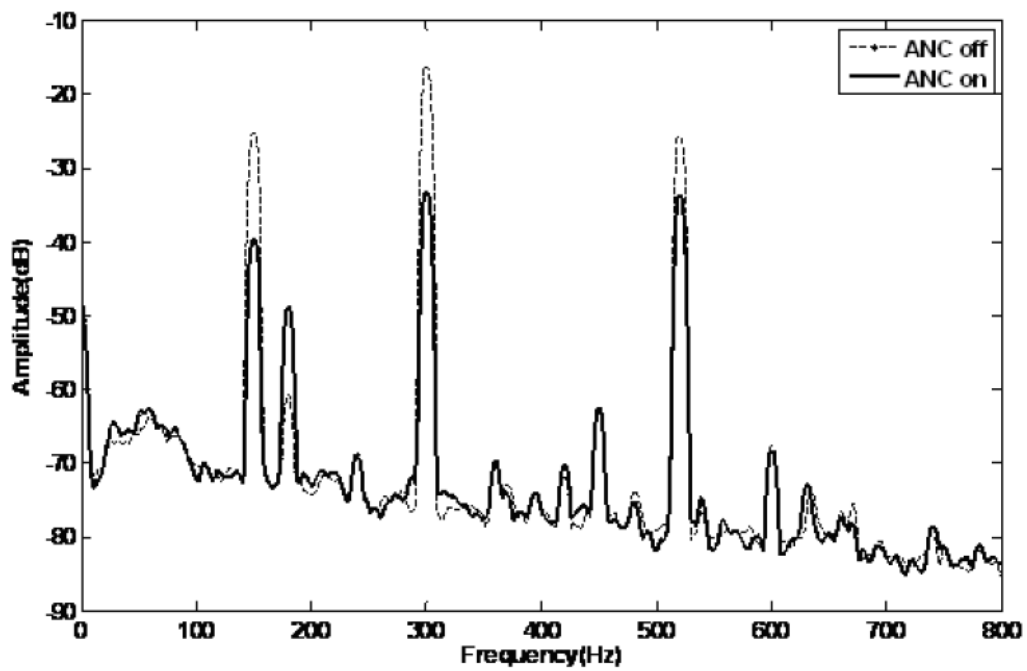
---

<sup>62</sup> Lorenz, J.M. (2001:350): expone con claridad los resultados referidos al ruido de la prematuridad extrema.

<sup>63</sup> Stennert, E. et al. (1978:1180): documentan y describen con detalle la etiología de los defectos auditivos neuro-sensoriales en los bebés prematuros. Como datos relevantes; del 3% al 5% de los neonatos extremadamente prematuros que sobreviven son profundamente sordos, y aproximadamente el 52% de los niños y niñas con audición normal que tienen que hacer uso de las incubadoras por otras razones, presentan cambios en sus audiogramas evidenciando una problemática diversa con trauma acústico menor.

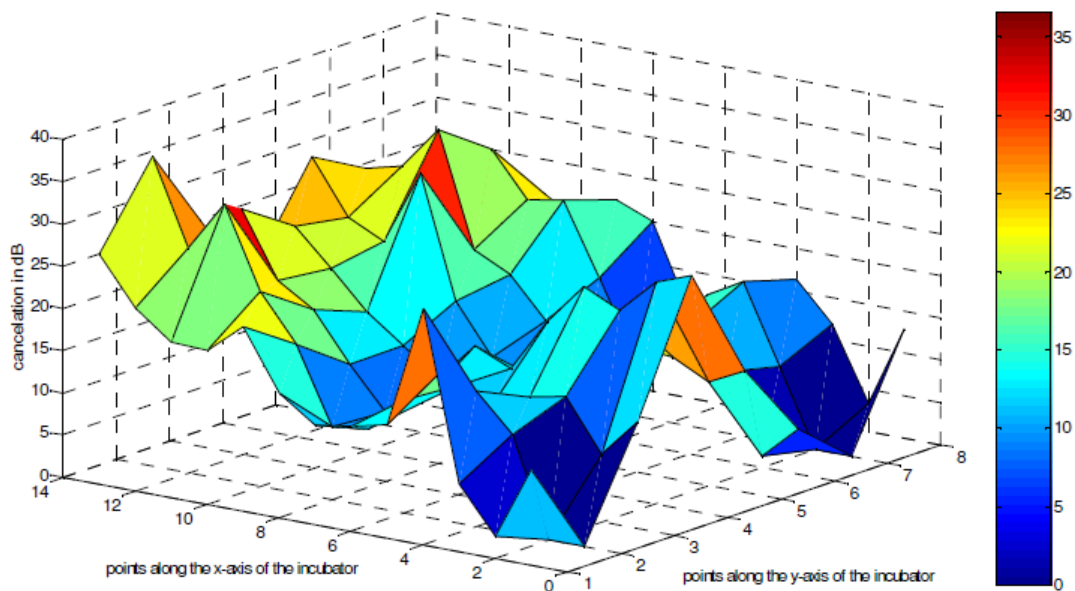
<sup>64</sup> Patente US2014 / 0003614A1 sobre investigaciones de 2009 y 2011, y mejoras en patente US2016 / 0093281 A1.

Figura 07: Rendimiento de ANC para ruido primario multifrecuencia



Fuente: Xun Yu, L. *et al.* (2009:936)

Figura 8: Gráfico de reducción neta de ruido por ANC



Fuente: Xun Yu, L. *et al.* (2009:937)

Asimismo, como se indicaba en el estado de la cuestión del apartado 1.2 de este documento, las medidas frente al ruido se han ido endureciendo a lo largo del tiempo en nuestro país. Por tanto, conviene profundizar en el recorrido normativo de algunos aspectos que operan como los únicos requisitos acústicos a nivel general de este entorno neonatal. Todos ellos se han abordado siempre desde el desarrollo de la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre), que se mantiene en vigor junto al apuntado con anterioridad Código Técnico de la Edificación regulado por R.D. 314/2006, de 17 de marzo y las modificaciones de la Ley 8/2013, de 28 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas, que han dado como resultado la necesidad de establecer una serie de documentos básicos de aplicación general con sus correspondientes exigencias básicas.

Recalcar nuevamente desde el punto de vista acústico, que el nivel de ruido en particular en la unidad neonatal (como lo es por extensión cualquier espacio sanitario interior) debe ser inferior a 45 dB (10-55 dB) y no debe superar un máximo de 65-70 dB de forma transitoria. Por ello, después de diferentes incorporaciones legales que no influyen, ni rebajan los límites anteriores, pero si incorporan ciertas medidas sobre las puertas de las salas, por ejemplo, que deben permanecer cerradas respecto a otras zonas de la UCIN, al mismo tiempo que deben disponer de mecanismos de cierre silenciosos, resultan de obligado cumplimiento las últimas exigencias básicas de Protección frente al ruido DB-HR sobre el Código Técnico de la Edificación. Es decir, las incorporadas en las últimas modificaciones señaladas en el R.D. 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación anterior, aprobado por el ya citado R.D. 314/2006, de 17 de marzo, así como

todo lo referente a los comentarios añadidos del Ministerio de Fomento en su última versión con fecha de 20 de diciembre de 2019.

Por último, desde el punto de vista de la climatización, se debe cumplir la UNE 100713 “Instalaciones de aire en hospitales” con sistema todo aire exterior, sin recirculación. Se recomienda entre 8 y 12 renovaciones del aire por hora (con un mínimo de 6 r/h), donde el nivel de ruido debe situarse entre 35 y 40 dB A con conductos de chapa y rejillas de impulsión alejadas de zonas de paso o circulación con extracción en zonas bajas próximas al suelo. En las unidades de tratamiento de aire (climatizadores) se realizarán filtrados y tratamiento térmico del aire exterior con control de temperatura mediante termostatos en cada puesto de neonatos o en cada sala de múltiples puestos. El mantenimiento de la instalación (cambios de filtros HEPA, revisiones, etc.) debe realizarse siempre desde el exterior<sup>65</sup>.

Por todo lo expuesto anteriormente, sería muy conveniente que las administraciones e instituciones públicas encargadas de legislar en materia sanitaria, consideraran valorar todos aquellos aspectos que se ven comprometidos en las infraestructuras neonatales poniendo el máximo cuidado en su funcionamiento sonoro<sup>66</sup>.

---

<sup>65</sup> Norma UNE 100713: Instalaciones de aire en hospitales Recuperado de <https://www.msrebs.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/BQ.pdf>. [Confirmado el 25,01,2020].

<sup>66</sup> Reducción de niveles de ruido en Unidades de Neonatos. Recuperado de <https://hospitecna.com/arquitectura/acustica/reduccion-niveles-ruido-unidades-neonatos/>. [Confirmado el 25,01,2020].

Una vez completada la revisión normativa que regula el funcionamiento sonoro de los entornos sanitarios nacionales, debemos contextualizar éstos con los principales aspectos acústicos que relacionados con la lista de aparatos indicados en el apartado I.5.3.4 de este documento, han determinado el rendimiento sonoro apreciado en la incubadora Caleo Dräger, elemento referente en nuestras mediciones.

Seguidamente, a través del equipo externo de ingenieros de acústica (Xun Yu et al., 2009:936), se acomete el registro y se aborda el estudio espectral de los ruidos más sobresalientes de los anteriormente expuestos. Se aporta en el ANEXO 0a, recogido en el DVD de anexos ubicado al final de este documento, los certificados de calibración y verificación de los aparatos utilizados (Sonómetro Tipo 1 CESVA SC310 y Calibrador Acústico RION NC74) en las fechas de 27/07/2018 y 28/07/2018 respectivamente, del laboratorio profesional LACAINAC<sup>67</sup>.

Del mismo modo, se cuenta con el informe oficial completo y colegiado (Xun Yu et al., 2009:936), por parte del Estudio de Ingeniería Acústica S.L.<sup>68</sup> de nuestro equipo colaborador.

---

<sup>67</sup> LACAINAC (Laboratorio de Calibración de Instrumentos Acústicos) de la Universidad Politécnica de Madrid. Campus sur UPM. ETSI Topografía. Ctra. Valencia, km 7. 28031 – Madrid. Tel.: (+34) 91 336 4697 / (+34) 91 331 1968 Ext. 30. Web: [www.lacainac.es](http://www.lacainac.es) – [lacainac@i2a2.upm.es](mailto:lacainac@i2a2.upm.es). Ingeniero inspector: Francisco Garreta Gutiérrez-Solana.

<sup>68</sup> Estudio de Ingeniería Acústica S.L. Miguel Lugo Urribarri, ingeniero jefe de acústica, gerente y administrador único. CIF: B-85367696. En la C/Válgame Dios, nº 5. CP: 28004, Madrid. Teléfono: 915213175. Web: [info@casa-altavoces.com](http://info@casa-altavoces.com).

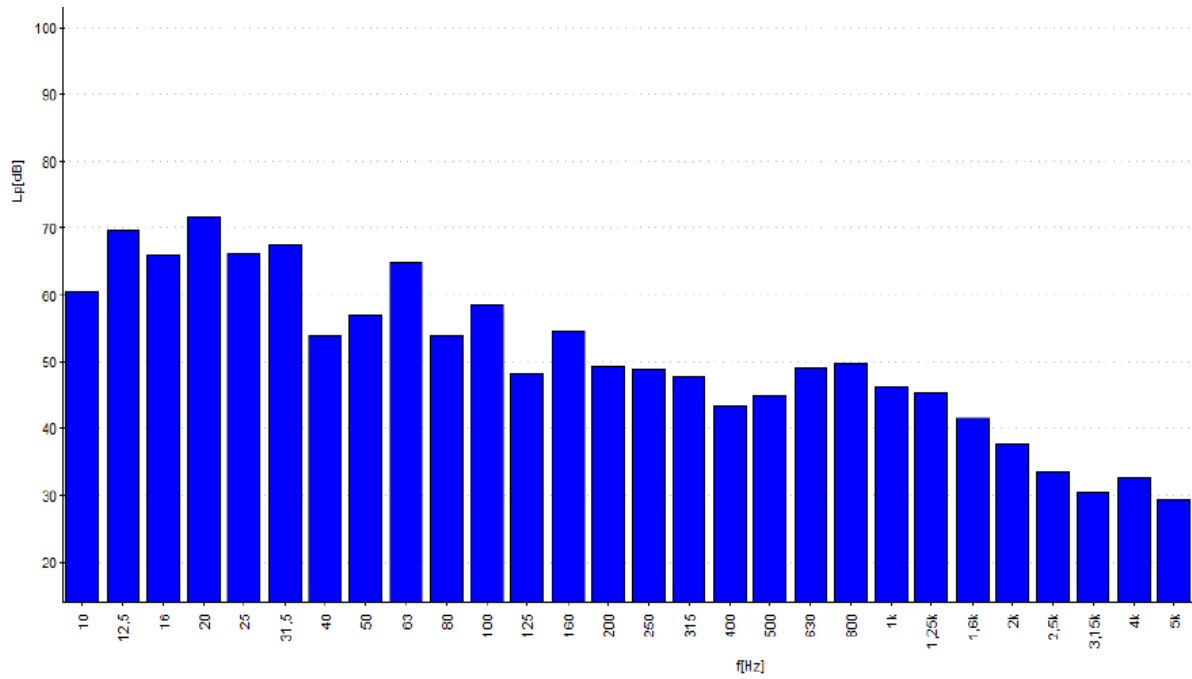
A modo de ejemplo, y con la intención de sintetizar y hacer comprensible alguno de los resultados de los registros y grabaciones realizados, resulta muy interesante comprobar como dato sobresaliente que el ruido producido por la incubadora Caleo Dräger de la sala anexa de la UCIN del HCSC es significativamente más intenso dentro (dígito 33) de la canopia de la propia incubadora que fuera (dígito 34) de ella (Véase Figura 09). Para visualizar gráficamente y entender mejor estos resultados, extraemos los gráficos de barras correspondientes sobre Frecuencia-Intensidad. Véanse Figuras 10 y 11, respectivamente, para aportar así una mayor claridad de los datos expuestos. Y más aún, sabiendo que el límite de intensidad de esta máquina lo establece su fabricante en 47 dBA como se documenta en el ANEXO la (pdf nº 7) de este estudio.

Figura 09: Tabla de Intensidades dentro (dígito 33) y fuera (dígito 34)

	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

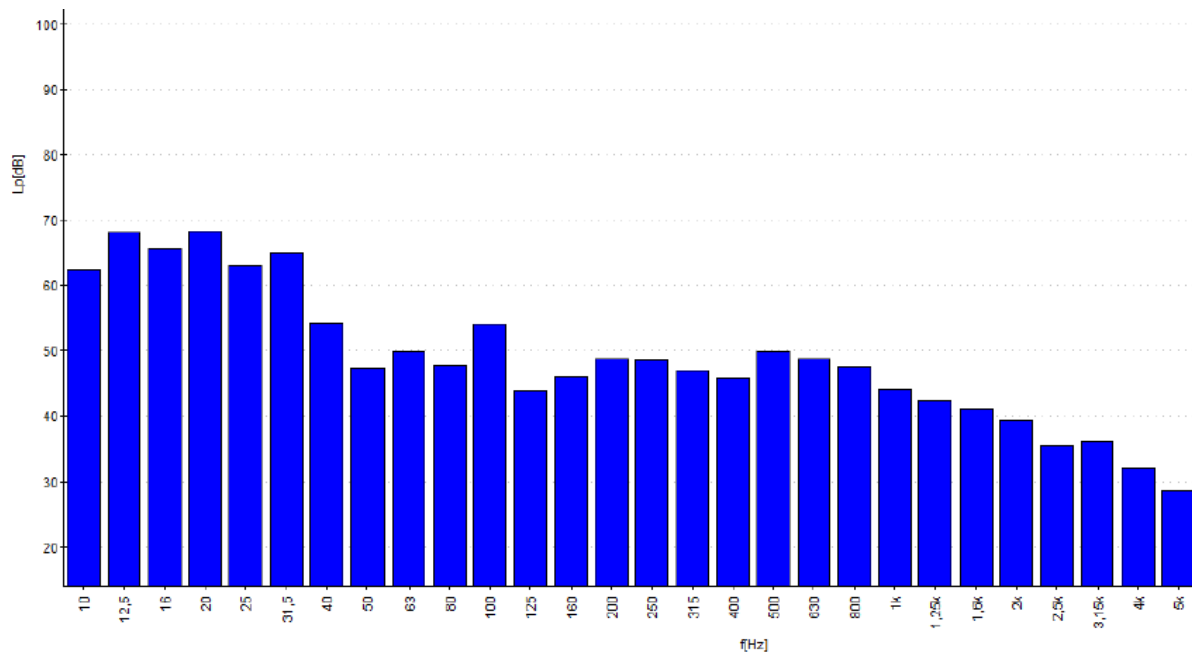
Fuente: Garreta Gutiérrez-Solana, F. (2019)

Figura 10: Frecuencia-Intensidad dentro de I. Caleo Dräger



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

Figura 11: Frecuencia-Intensidad fuera de I. Caleo Dräger



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



Entre otros aspectos sobresalientes conviene remarcar que al interpretar pormenorizadamente estos resultados, se consiguen extraer datos muy relevantes en contexto real del espectro de ruidos producidos por la incubadora Caleo Draguer situada en la sala anexa de la UCIN del HCSC.

Inciendo en los datos recogidos, las comparativas de intensidad dentro y fuera de la maquina incubadora (ruido / aparato nº 19 = Ruido 1 seleccionado o R1) muestran un fuerte paralelismo aminorando a medida que se eleva la frecuencia como anteriormente se ha comentado.

Además, los valores de intensidad recogidos de los ruidos 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 puesto en valor en las patentes (Xun Yu et al., 2011) anteriormente citadas.

Otro factor notable, son las frecuencias que ofrecen valores de intensidad superiores a 47 dBA situándose por debajo de los 300 Hz en todas las mediciones realizadas. Por tanto, derivado de la medición y registro de este R1, los valores de frecuencia son precisamente los más perjudiciales, pero a la vez, los más cancelables por ANC pues desarrollan un LAFmax (fast)<sup>69</sup> de 57,8 dBA con su pico más alto a 71,6 dBA a 20 Hz (como se comprueba en la Tabla 06 que se aborda a continuación, coinciden prácticamente con los resultados de las grabaciones y registros realizados posteriormente). Dicha tabla es utilizada

---

<sup>69</sup> Básicamente el  $L_{max}$  o LAFmax es el máximo nivel a una respuesta ponderada A dada (rápida, lenta o impulsiva) donde *fast* es la respuesta con una constante de tiempo de 0.125 segundos, que componen los valores límites recomendados por la OMS. Es muy interesante comprobar la medida tomada de 57, 8 dBA como parte de los valores reales, pues como veremos a continuación, esta medida supera con creces los valores establecidos como recomendables.

como uno de los dos ejes vertebradores principales de este estudio. Todo ello, en consonancia con otros tantos aspectos que pueden desprenderse o considerarse, que además, podrán estimarse o ponerse en valor en el apartado VI.1 de discusión de este documento con respecto a los resultados obtenidos.

Por último, de entre todos estos aparatos/ruidos expuestos se seleccionan en la Tabla 06 relacionada también en el ANEXO la (pdf nº 8), junto a este R1, otros cinco ruidos/aparatos más por considerarlos los más relevantes para este estudio y la propuesta experimental con ratas Wistar planteada, sobre todo, por la elevada significación que pueden proporcionar derivados de su uso y utilización permanentes con los neonatos pretérmino en el día a día de la UCIN de HCSC de Madrid.

Tabla 06: Aparatos seleccionados para la propuesta experimental

DÍA 02/10/2018

		TEMP	HUM	SPL 1 dBA	DENTRO REC OMNI FAM	FUERA REC CAR FAM		
0A	SALA PRINC			58,8 a 63,1	-20,1 SON 003			
0B	SALA ANEXA	24,6	22,8 <sup>º</sup>	57,7 a 61				
1	INCUBADOR	26,5	22	58*	-18,9	SON 002		
2	RESPIRAD			59	-20	SON 006	-28,9	SON 004
3	SACALECH			58,2			-35,7	SON 008
4	ARABELLA			59,7	-20,8	SON 015	-32,9	SON 011
5	HIPOTER			59,2	-21,1	SON 017	-31,3	SON 016
4	ALTO FLUJO			59,9	-20,7	SON 019	-29,4	SON 018
La incubadora CALEO		marca	menos de	47 dBA	en su pdf.			
ND9 CALIBRATOR		94 y 114 dB a 1000 Hz		IEC942 CLASS I				
SONOMETRO SL-5868P		IEC 651 TYPE 2		ANSI 1.4 TYPE 2				

GRABADO CON ZOOM H4 n

A 44.1 y 16

\* Al existir sonido en el entorno, este han podido influir en la medida.

Fuente: Sánchez Cid (octubre 2018)

En conclusión, la comunidad científica posee evidencias de que la incidencia de estas complicaciones ha aumentado en la actualidad en muchos países; lo que refleja unos logros ciertamente limitados en la prevención de situaciones de alto riesgo<sup>70</sup>, en comparación con los avances médicos que han reducido la mortalidad de los nacimientos pretérmino en estas dos últimas décadas.

Sin embargo, cabe señalar que la Ley 16/2003, de 28 de mayo, de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud de nuestro país, estableció la necesidad de elaborar garantías de seguridad y calidad que deben exigirse para la regulación y autorización por parte de las comunidades autónomas de la apertura y puesta en funcionamiento en su respectivo ámbito territorial de los centros, servicios y establecimientos sanitarios.

Por ello, desde este estudio se pretenden aportar algunos aspectos esenciales que pueden servir de referencia, especialmente los ligados al entorno sonoro, pues de los requisitos contemplados en el R.D. 1277/2003, de 10 de octubre (que desarrolla la mencionada Ley 16/2003), que establece las bases generales sobre la autorización de centros, servicios y establecimientos sanitarios, de forma explícita se definen y relacionan las condiciones específicas que se han de garantizar para asegurar la calidad y seguridad de la que deben ser objeto estos entornos sanitarios y/o asistenciales.

---

<sup>70</sup> Datos extraídos del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad a través del informe relativo a las Unidades de Neonatología, estándares y recomendaciones de calidad, realizado en el año 2014. Recuperado de <http://publicacionesoficiales.boe.es> [Confirmado el 25,11,2018].

Además, a nivel internacional y completando esta perspectiva argumental, la OMS establece específicamente como criterios generales para los entornos sanitarios; 35 dBA  $L_{eq}$ <sup>71</sup> en salas de hospital y 45 dBA  $L_{max}$  (fast) para eventos ruidosos aislados, en dichas salas<sup>72</sup>. En total consonancia con esta relación, se pronuncia la American Academy of Pediatrics<sup>73</sup> con los 45 dBA recomendados como máximo en los entornos ambientales de las salas de cuidados intensivos neonatales.

---

<sup>71</sup> Como se comentaba anterioridad y volviendo a incidir en las referencias expuestas, el dBA es el decibel compensación A, el  $L_{eq}$  es el nivel equivalente durante la medición y el  $L_{max}$  o LAFmax es el máximo nivel a una respuesta ponderada A dada (rápida, lenta o impulsiva) donde *fast* es la respuesta con una constante de tiempo de 0.125 segundos, que componen los valores límites recomendados por la OMS. He aquí la evidente diferencia, pues las cifras representan los valores máximos, siempre que no se determine de forma específica lo contrario (de los 45 dBA -incluso 35 dBA máximos en sala de hospital- para eventos aislados establecidos por la OMS hasta los 57,8 dBA registrados de forma permanente y constante dentro de la canopia de incubadora estudiada a la altura de la cabeza del bebé).

<sup>72</sup> Documento OMS-FCEIA-UNR (14,09,2016): *Criterio sobre ruido de la Organización Mundial de la Salud*. Recuperado de <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/omscrit.htm>. [Confirmado el 27,11,2018]. Esta información fue tomada del libro "Community Noise", editado por Berglund and Lindvall, publicado por el Karolinska Institute de Suecia, que puede obtenerse de la Universidad de Estocolmo.

<sup>73</sup> Allysa Knutson, J. (2013:26): encontró que los niveles de sonido en la UCIN que estudió y el entorno de la incubadora eran mucho más altos que el estándar recomendado de 45 dBA. Parafraseando su conclusión: "La recomendación no parece tener una buena justificación de porqué 45 dB es el nivel de sonido adecuado en estas salas. Los niveles de sonido oscilaron en dicho entorno entre los 48 a 55 dBA, lo que puede atribuirse al sistema HVAC donde los niveles de sonido dentro de la incubadora oscilaron entre 58 y 71 dBA, derivadas de otras circunstancias cotidianas externas". Estos valores referidos a la presión sonora del sonido son afines a los encontrados en la UCIN del HCSC.

Por su afinidad y paralelismo argumental, pero atendiendo esta vez a los entornos educativos, la Acoustical Society of America y la norma ANSI S12.60:2002, sostienen que un aula de clases requiere buenas características de inteligibilidad de la palabra, por lo que no debería superar los 35 dBA de nivel de ruido de fondo, para volúmenes menores a 56 m<sup>3</sup> y 40 dBA para volúmenes mayores (con una tolerancia máxima de 2dB y 0.1s para TR). Hecha esta observación, se aprecia que los valores resultantes son prácticamente coincidentes.

Por todo lo anteriormente expuesto, está totalmente justificado realizar investigaciones en esta dirección para determinar el nivel de sonido más adecuado que promueva una mayor tranquilidad del recién nacido y optimice las condiciones sonoras ambientales, a su llegada.

Precisamente por la apuntada proyección del estudio, el presente documento pretende ser un paso importante para tratar de estimular y potenciar mejoras en el funcionamiento de las unidades asistenciales con denominación U.23. (de Cuidados Intensivos Neonatales) que caracterizan una unidad asistencial en la que, bajo la responsabilidad de un médico especialista en pediatría y sus áreas específicas, se realiza la atención del recién nacido con patología médico-quirúrgica, con compromiso vital, que precisa de medios y cuidados especiales de forma continuada, como así ocurre con la UCIN del HCSC de Madrid.

### **II.3 Bases neuroanatómicas de la audición humana**

Cabe señalar en primer lugar, si nos ubicamos desde una perspectiva básica y elemental del funcionamiento del aparato auditivo humano, que el hecho de que cualquier niño tenga un desarrollo de su sistema auditivo adecuado supondrá que éste pueda acceder con normalidad a sus capacidades y habilidades auditivas posteriormente. Sin embargo, si esta situación no se produce, se verá afectado de manera importante este motor de desarrollo de sus potencialidades, con lo que no estará en situación de optimizar sus futuros aprendizajes.

Por ello, dotar de una correcta competencia auditiva al niño es vital y necesario. No resulta difícil imaginar, que estos niños neonatos pretérmino con dificultades ya evidenciadas en su etapa prenatal, tengan reducido ese acceso.

Conocer las bases generales del funcionamiento del oído y sus implicaciones anatómicas en relación al proceso de escucha, los elementos fisiológicos que intervienen para que éste se desarrolle progresivamente con normalidad, y sobre todo tener en cuenta los componentes perceptivo-emocionales involucrados en la audición, será fundamental para ofrecerle estímulo y compensación en esas dificultades.

Desde el punto de vista fisiológico, todo empieza en el sistema auditivo periférico una vez madurado que es el que cumple con las funciones encargadas de la percepción del sonido, esencialmente la transformación de las variaciones de presión sonora que llegan al tímpano y que se convierten en impulsos eléctricos (o electroquímicos) que serán interpretados en la corteza cerebral (Mateu, 2013).

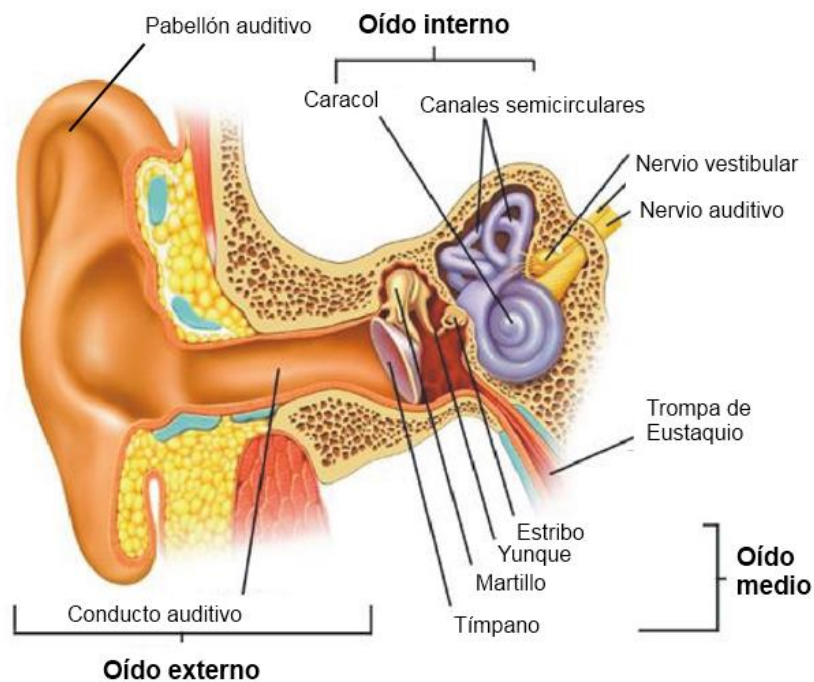
En sentido general, el recorrido de la onda sonora (Figura 12), tiene un itinerario mecánico desde el pabellón auricular hasta llegar al nervio auditivo del oído interno. Es precisamente dentro de la cóclea o caracol, formada por dos secciones: las rampas vestibular y timpánica, donde se ubica el ducto coclear con las membranas basilar y de *Reissner*<sup>74</sup>, donde empieza el proceso eléctrico; aquí el procesamiento de las notas musicales o sonido complejo se descompone en las frecuencias que lo constituyen. Seguidamente, a través de la vibración o movimiento de la membrana basilar, se estimulan o deforman las

---

<sup>74</sup> Studocu, Web (12,07,2017): *Estructura y funcionamiento del oído interno*. Recuperado de <https://www.studocu.com/ca-es/document/universitat-internacional-de-catalunya/estructura-y-funcion-piel-y-organos-de-los-sentidos/apuntes/histologia-del-oido/2439191/view> [Confirmado el 27,11,2018].

células ciliares del órgano de Corti, que generan los impulsos nerviosos que transmiten esta información a lo largo de las fibras del nervio auditivo hasta el cerebro; cada una de éstas con una afinación distinta operan como “trenes de descarga neuronales” que llegan a la corteza auditiva del lóbulo temporal. Cada célula del sistema auditivo está afinada para responder de forma óptima a un sonido de frecuencia concreta. La curva de afinación de una célula se solapa con la curva de las células vecinas de modo que no quedan huecos en la percepción del espectro acústico.

Figura 12: Sistema auditivo periférico



Fuente: Eumus (2018)

En primer lugar, necesitamos recuperar con algo más de análisis los preceptos presentados en la vertiente médica del apartado 1.5.3.1, para profundizar con un lenguaje más preciso en los referentes auditivos que necesitamos.

En este sentido, volvemos a incidir en la Corteza Auditiva (área 41y 42)<sup>75</sup> que se localiza en los giros transversales (o de Heschl) de la corteza temporal.

En esta área cerebral termina la radiación auditiva proveniente del núcleo geniculado medial del tálamo (la que está tonotópicamente organizada), de tal forma que los tonos graves están representados lateralmente en la corteza mientras que los tonos agudos, están representados en la zona de entrada medial.

De entre todas las áreas primarias sensoriales<sup>76</sup>, la función de esta área es detectar los cambios de frecuencia y de localización de la fuente sonora para que luego la información se dirija al área auditiva secundaria. Así, la estimulación en esta área produce sensaciones auditivas burdas, como susurros, zumbidos o golpeteos y las lesiones en esta zona pueden producir dificultad de la ubicación del sonido en el espacio y pérdida de la audición.

De la misma manera, el Área Auditiva Secundaria o Área Psicoauditiva (área 22 y 42) se relaciona con la comprensión del lenguaje oral (vocalizaciones en caso de la rata Wistar). En esta área se sigue procesando la información auditiva proveniente de la corteza auditiva primaria, para después pasar a un

---

<sup>75</sup> Neurorgs (15,07,2017): *Neuroanatomía del Sistema Nervioso Central*. Recuperado de <https://neurorgs.net/docencia/sesiones-residentes/neuroanatomia-del-sistema-nervioso-central-snc-surcos-y-giros/> [Confirmado el 27,11,2018]. Volvemos a incidir en que el Área 41 es el área auditiva primaria (AI) y el Área 42 es el área auditiva secundaria que está situada en el lateral del córtex auditivo primario (AII), al lado de los Giros transversales de Heschl.

<sup>76</sup> En las áreas sensoriales primarias es dónde predomina la Capa IV (se encuentra en la superficie de la masa cerebral), cuya función es la de proyección-recepción de la información. Las áreas secundarias tienen una morfología con predominio de las Capas II, III, y IV, donde residen las funciones de codificación, integración e interpretación, respectivamente. Su mielinización es más tardía que las primarias. En la terciarias, existe predominio de las Capas II y III, correspondientes a la función de solapamiento-asociación de información de diferentes modalidades.



área asociativa superior (área 22)<sup>77</sup> que es la fundamental para interpretar los sonidos asociados a la comprensión del lenguaje hablado, por ejemplo.

Por otro lado, pormenorizando en los mecanismos que intervienen en la audición<sup>78</sup> no sin antes, haber hecho un ejercicio intenso en nuestra selección argumental, apuntamos que la primera fase la lleva a cabo el oído externo (que capta y transmite el estímulo acústico a través del conducto auditivo externo hasta el tímpano), y el oído medio, que está formado por el tímpano y por la cadena de huesecillos. El tímpano como membrana elástica que es, debido a tener una forma parecida a un embudo, permite multiplicar la presión de las ondas sonoras que recoge en su parte externa (de manera parecida a cómo el diseño de una chincheta permite que la presión que se ejerce con el dedo sobre su cabeza se concentre en la punta, y así sea posible clavarla en la pared). La parte posterior del tímpano está conectada a la cadena osicular, formada por los tres huesecillos articulados ya comentados (martillo, yunque y estribo). La energía que provoca el tímpano al vibrar se transmite a estos diminutos huesos, los cuales funcionan como un sistema de palancas y multiplican sobre la entrada de la cóclea la energía de las vibraciones que han recogido. El huesecillo que golpea la entrada de la cóclea (en un lugar llamado ventana oval) es el estribo.

---

<sup>77</sup> El Área 22 es el Área Psicoactiva, situada al lado del Giro temporal superior, también llamada córtex auditivo asociativo. Con el Área 21 forma el área de Wernicke, que en realidad ocuparía el tercio posterior del Área 22.

<sup>78</sup> Mountcastle, V. (1997:701-721): estudia y organiza la organización columnar del neocórtex cerebral.

Hasta el momento se ha descrito un proceso complejo, pero exclusivamente mecánico<sup>79</sup>, según el cual el sonido es transportado y amplificado mediante vibraciones hasta la entrada del oído interno. A partir de ahí comienza un proceso más sofisticado, protagonizado por la cóclea. De esta manera, la densidad de información de los mecanismos de la audición se vuelve más densa, pero necesaria para entender los procesos cognitivos de la escucha.

La cóclea es un tubo enrollado en forma de caparazón de caracol. Este tubo es ancho al inicio, y a medida que discurre hacia el otro extremo va convirtiéndose paulatinamente en más estrecho. Su sección está dividida en tres canales, o rampas, que avanzan en paralelo; la rampa vestibular y la rampa timpánica (llenas de un líquido llamado perilinfa), y el canal coclear, más estrecho, que contiene un líquido llamado endolinfa. Pero también contiene una estructura muy importante, el órgano de Corti, que al igual que los tres canales, recorre la estructura espiral de la cóclea, desde el extremo más ancho hasta el más delgado.

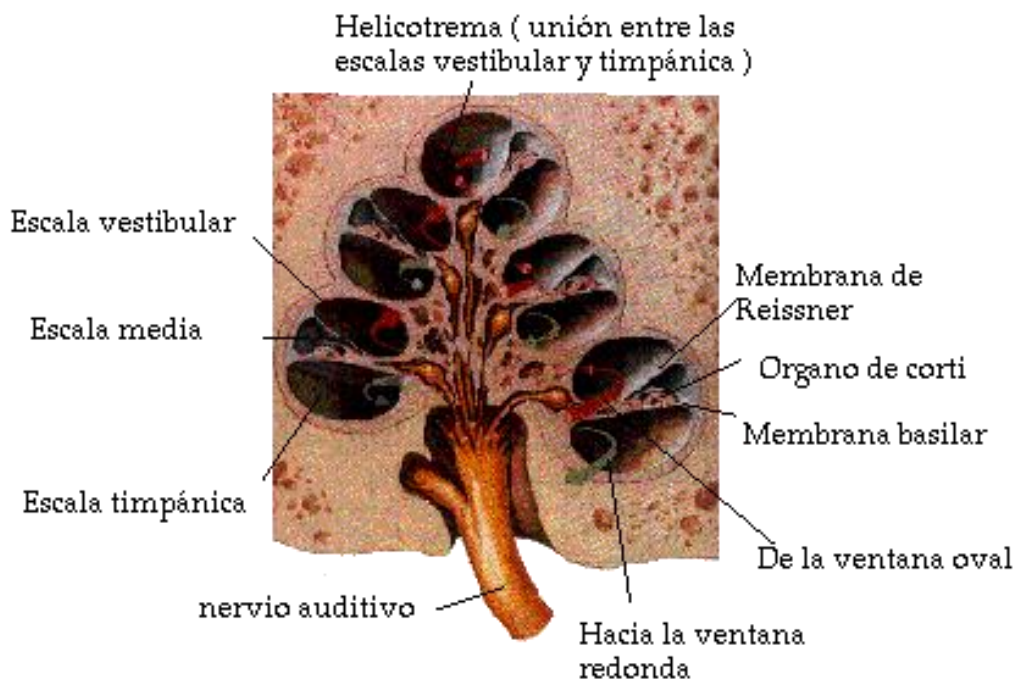
El órgano de Corti a su vez está fijado entre dos membranas: la basilar (sobre la que descansa) y la tectoria (que viene a ser el techo). Del mismo modo, esta estructura auditiva contiene unas células muy especializadas llamadas ciliadas o cilias caracterizada por tener unos filamentos (cilios) capaces de excitarse<sup>80</sup> con las vibraciones y convertirlas en impulsos eléctricos. Véase Figura 13 donde pueden observarse estos elementos.

---

<sup>79</sup> Alcaraz Romero, V. M. (2000:156): estructura la recepción sensorial del Sistema Nervioso Central.

<sup>80</sup> Alcaraz Romeo, V. M.: *op. cit.*, 158.

Figura 13: Sección de cóclea

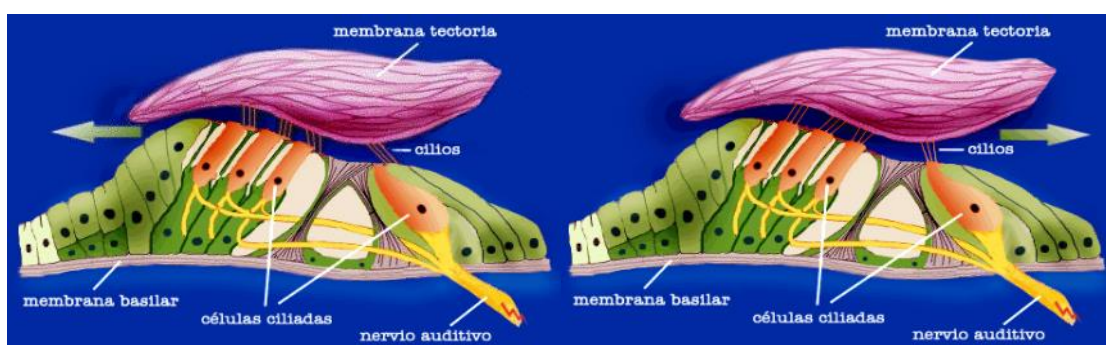


Fuente: Fotolog (2018)

La percusión del estribo sobre la ventana oval de la cóclea provoca una sucesión de presiones intermitentes en el líquido (perilinf) que llena la rampa vestibular. Estas ondas de presión hacen oscilar hacia arriba y hacia abajo la fina membrana basilar sobre la que descansa el órgano de Corti, por lo cual éste oscila al compás de este movimiento acompasado.

De esta manera, debido a que están los extremos de los filamentos de sus células ciliadas fijados a la membrana tectoria, estos cilios realizan un movimiento de cizalla de un lado a otro. Véase Figura 14 donde puede visualizarse ese proceso auditivo.

Figura 14: Movimiento de cizalla de los cilios



Cilios con movimiento hacia la izquierda      Cilios con movimiento hacia la derecha

Fuente: Xteccat (2018)

En consecuencia, la endolinfa que baña los cilios posee una diferencia de potencial eléctrico en relación a la perilinfa de los canales vecinos, por lo tanto, la cóclea actúa como un acumulador. A esa circunstancia hay que añadir que entre la superficie y el interior de cada célula ciliada existe una diferencia de potencial eléctrico.

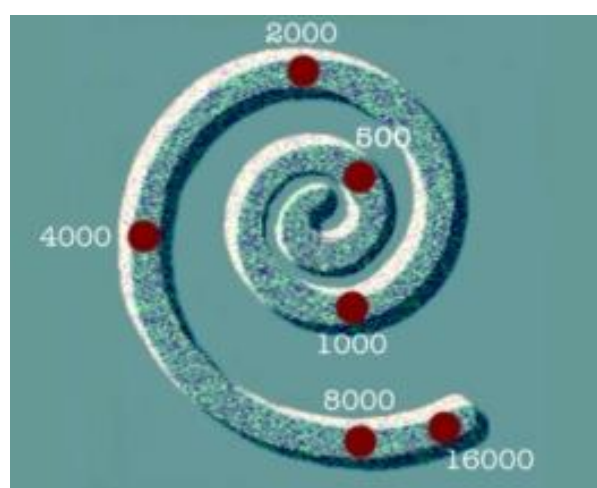
Todo este conjunto, más el movimiento de cizalla de los cilios, provoca que las células ciliadas se exciten generando impulsos eléctricos que circulan por sus axones. Los diferentes axones se unen para formar el nervio auditivo que transporta estos impulsos al cerebro.

De la misma forma que un micrófono transduce las diferencias de presión de aire generadas por la voz de quien habla en impulsos eléctricos, la cóclea transduce también el movimiento de las células ciliadas en impulsos eléctricos. Las oscilaciones de la membrana basilar se propagan a lo largo de toda la cóclea (de la misma manera que si se sacude una cuerda por un extremo ésta serpentea hasta el otro).

Sin embargo, si el sonido es agudo la ondulación producida es más marcada en la base (entrada) de la cóclea, mientras que cuanto más grave sea, la ondulación se desplazará de forma más marcada hacia la parte interior. Por ello, cada frecuencia hace oscilar de forma máxima la membrana basilar en un punto determinado del caracol y solamente se estimulan las células ciliadas de aquella región, las que están “especializadas”<sup>81</sup> en aquella frecuencia. Todo ello se refiere a un tono puro lógicamente, pero cada palabra y cada sonido del mundo real está formado por multitud de frecuencias. Por ello, el habla o cualquier sonido complejo provocan que se estimulen simultáneamente diversas regiones de la cóclea.

Este es uno de los elementos clave para incidir en la neuroestimulación tonotópica derivada de la ubicación de frecuencias que de forma natural se produce a la entrada de la cóclea. Dicha base conceptual es el referente principal del apartado II.8 de este documento y donde descansa la propuesta musical *MUCANE* aquí presentada. Véase Figura 15.

Figura 15: Ubicación de las frecuencias en la cóclea



Fuente: Imagui (2019)

---

<sup>81</sup> *Ibidem*, 164.

Señalar finalmente, que el nervio auditivo (formado por una multitud de axones) transporta el impulso eléctrico codificado al cerebro, haciendo algunas sinapsis hasta los centros auditivos subcorticales. En esta penúltima estación ya es posible discriminar las intensidades y las frecuencias de los sonidos, pero todavía no se puede percibir una *estructura rítmico-melódica* o entender qué *palabra se ha dicho*. Para ello, es necesario que los impulsos lleguen a su destino final, a las áreas auditivas corticales. Una vez allí, se realiza una decodificación, que permite la percepción auditiva propiamente dicha.

En conclusión, el área auditiva se localiza en la mitad superior de los dos tercios anteriores del lóbulo temporal. En el área primaria se detectan los tonos específicos, sonoridad y otras cualidades del sonido. Las estimulaciones eléctricas en esta área hacen que una persona escuche un sonido simple que puede ser débil o intenso, pero nunca son escuchadas palabras o cualquier otro sonido inteligible. En las áreas secundarias es donde se interpreta el significado de un mensaje melódico o de las palabras habladas (reiteramos, o de las vocalizaciones ultrasónicas emitidas por la rata Wistar), y porciones de estas áreas, incluso algunas localizaciones subyacentes a éstas, son especialmente importantes para la óptima captación y apreciación, percepción y reconocimiento, y procesamiento y comprensión de la música en general, o de la estimulación musical en particular, preparada a tal efecto en el diseño experimental de este documento.

Finalmente, con el propósito de enfocar y proyectar la intervención que se espera proponer al servicio del desarrollo del Sistema Nervioso de neonatos pretérmino a través de una estimulación musical, considerando las bondades que se le presuponen a la Música, y al mismo tiempo, tratando de valorar los

efectos concretos previsiblemente perjudiciales de los ruidos de la UCIN de HCSC en situación de contexto real, no es baladí. Por eso, esa proyección se ha estimado materializar hacia el diseño experimental aquí presentado, y lo hace a través de camadas de rata Wistar como base viable para ofrecer un sólido desarrollo metodológico que, preparado rigurosamente, dotara o no de coherencia y sentido científico, al mismo.

### **II.3.1 Modelo humano versus modelo en roedores**

Las ratas Wistar son las protagonistas de nuestro estudio de tesis. Como se apuntaba con anterioridad, se trata de una cepa no consanguínea de ratas albinas que pertenecen a la especie *Rattus norvegicus*. Esta variedad fue desarrollada en el Instituto Wistar en 1906 para su uso en la investigación biomédica, y es la primera cepa de rata desarrollada para servir como un organismo modelo en un momento en que los laboratorios utilizaban principalmente el ratón común o *Mus musculus*<sup>82</sup>, lo que la convierte en un recurso inigualable para poder destinarlo a la propuesta experimental planteada en este estudio.

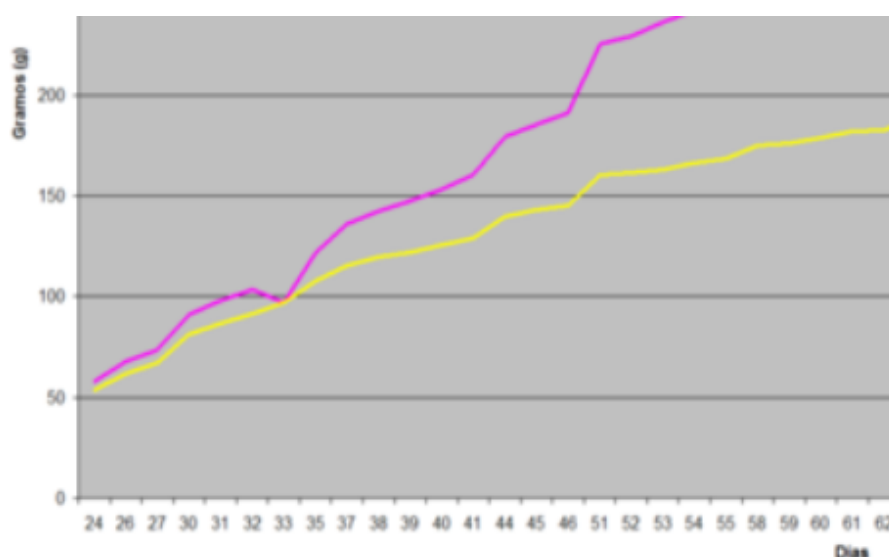
Entre otros datos de interés, se caracteriza por ser un animal dócil, omnívoro, con pelaje albino, cabeza ancha, orejas largas, con una longitud de la cola que es siempre inferior a la longitud de su cuerpo, con un periodo de gestación relativamente corto (21-23 días), con un tamaño promedio de camada de 9,5 sujetos y destete a los 21-22 días postnatales.

---

<sup>82</sup> Rat - PubMed - NCBI (mayo-junio,2009): *Roedores como animales de investigación*. PMC. Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2675817/>. [Confirmado el 24,10,2019].

Posee una curva de crecimiento entre sexos (se diferencian por distancia anogenital, mayor en machos) que difiere como indica la Figura 16, donde la línea rosa representa el crecimiento de los machos y la amarilla, la de las hembras. Apréciense los valores aproximados de los pesos entre sexos de los 30 a 35 días postnatales respectivamente, respecto del eje de coordenadas - gramos / días - presentado, momento en el que se realiza el estudio histológico de todos los sujetos de este estudio experimental<sup>83</sup>.

Figura 16: Curva de crecimiento M-H en biomodelo de rata Wistar



Fuente: Adaptación de LEBI (2018)

En cuanto a sus condiciones vitales previas a la experimentación, está reglamentado que los animales de laboratorio se mantengan en cautiverio durante toda su vida. En los procedimientos para manejo y cría de los animales debe aplicarse el concepto de las cinco libertades; libres de sed, hambre y malnutrición, libres de incomodidad, libres de dolor, daño y enfermedad, libres para expresar comportamientos exploración, y libres de miedo y angustia,

<sup>83</sup> Laboratorio de Ensayos Biológicos - LEBI, Web (21,12,2017): *Ratas Wistar*. Recuperado de <https://lebi.ucr.ac.cr/biomodelos/ratas/wistarhannover>. [Confirmado el 27,10,2019].



concepto que se introdujo por primera en 1965<sup>84</sup> para asegurar el bienestar de los animales, a menos que esto interfiera con el objeto científico. No obstante, se ha argumentado con posterioridad que el fallo del concepto de las cinco libertades es que no es necesario para el bienestar animal estar en absoluta libertad de hambre, frío, dolor o miedo, tan solo que sea capaz hacer frente a estos problemas de manera efectiva para evitar el sufrimiento<sup>85</sup>.

En Europa, como es conocido por su Comunidad Científica, se han establecido los principios para el alojamiento y cuidado de los animales de laboratorio en el convenio europeo para la protección de animales vertebrados utilizados para experimentación y otros fines científicos (Convenio del Consejo de Europa ETS 123), con su apéndice A<sup>86</sup>, donde se especifica que se debe proveer a todos los animales con un alojamiento y entorno apropiados, al menos un mínimo grado de libertad de movimiento, alimento, agua y cuidados adecuados para su salud y bienestar. Las necesidades fisiológicas y etológicas deben satisfacerse en la medida de lo posible, y deben minimizarse las restricciones que aparecen en su artículo 5<sup>87</sup>.

Otro documento europeo que contiene especificaciones sobre el alojamiento de los animales de laboratorio es la recomendación de 2007 de la Comisión Europea referente a las pautas para el alojamiento y recomendaciones para

---

<sup>84</sup> Reglamentado por primera vez en el Informe del Comité Técnico para investigar el bienestar de los animales mantenidos bajo sistemas intensivos de cría de ganado de la Oficina estacionaria de Su Majestad. Documento 2836. Londres, 1965.

<sup>85</sup> Advertido por Van der Harst, J. en su Tesis Doctoral: Herramientas para medir y mejorar el bienestar de las ratas de laboratorio: Comportamiento relacionado con la recompensa y enriquecimiento ambiental, en el año 2003.

<sup>86</sup> Apéndice A: Pautas para el alojamiento y cuidado de los animales para experimentación e investigación científica (Consejo de Europa 1986; revisado en 2006, Estrasburgo). En <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/PDF/123-Arev.pdf>. [Confirmado el 25,03,2018].

<sup>87</sup> Koolhaas, J. M. et al. (2001: 77-102): que establecen los principios de la ciencia animal de laboratorio para contribuir al uso y cuidado de los animales y la calidad de los resultados experimentales.

proteger a los cuidados de los animales utilizados para experimentación y procedimientos científicos<sup>88</sup>.

En este sentido, estos requerimientos legales han sido salvaguardados a través de la FIB del HCSC, así como del Comité de Ética Animal (CEA) de la Universidad Rey Juan Carlos, como se desprende de la documentación presentada en el APÉNDICE 0a que aparece junto a la relación de anexos que complementan este documento.

En cuanto a los animales de experimentación utilizados, señalar que cada uno de ellos ha sido seleccionado convenientemente en función de la trayectoria tomada durante la ontogenia de su especie, donde la cantidad de fenotipos<sup>89</sup> conductuales opcionales que se puede expresar a lo largo de su vida se reduce. El rango inicial de plasticidad fenotípica se determina en gran medida por el material o composición genética de los gametos, mientras que interactúan con las formas del entorno dado para adaptarse y hacer frente a demandas específicas.

En las especies de mamíferos, el fenotipo tiene la forma del feto que crece, dependiendo del ambiente en el útero que a su vez, depende del ambiente externo de la madre y experiencias durante el embarazo. Después del nacimiento, una interacción compleja entre la constitución innata y el medio ambiente con sus condiciones singulares, moldean las trayectorias de vida

---

<sup>88</sup> Sobre la Directiva 86/609 /CEE de la Unión Europea: Directiva sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en relación con la protección de animales utilizados con fines experimentales y científicos de 1986. En <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri%40JL:2007:197:0001:0089:EN.PDF>. [Confirmado el 25,10,2019].

<sup>89</sup> Genomegov, Web (21,11,2018): *Concepto de Fenotipo*. Recuperado de <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Fenotipo>. [Confirmado el 27,10,2019].

individuales, lo que genera una amplia gama de diversidad entre los individuos estudiados. En laboratorio, la endogamia ha sido sistemáticamente inducida para reducir la variabilidad genética entre sujetos experimentales. Además, en la mayoría de los laboratorios que realizan fenotipos conductuales con ratas, las condiciones de cría y vivienda están altamente estandarizadas.

A pesar de tales esfuerzos de normalización, es considerable la cantidad de variabilidad que persiste en el comportamiento de estos animales. Hay buena evidencia de que la variación fenotípica no es meramente al azar<sup>90</sup> y que podría involucrar patrones de comportamiento individuales específicos consistentes en el tiempo y las condiciones ambientales de su entorno.

Derivado de todo ello, el documento aquí presentado ha valorado las estimulaciones sonoras y/o musicales que se desprenden de su diseño experimental, aportando datos concluyentes sobre los sujetos de experimentación estudiados.

En este sentido, los efectos del sonido sobre la fisiología y comportamiento animales dependen no solo de su intensidad o volumen medida en decibelios (dB), sino también, de su frecuencia medida en hercios (Hz) y su duración y patrón (incluyendo el potencial de vibración), así como de la capacidad auditiva de la especie y cepa del animal, la edad y estado fisiológico en el momento de la exposición, entre otros factores relevantes que nos han interesado (Brust et al., 2015).

---

<sup>90</sup>Brust, V. et al. (2015:77-102): estudian y analizan los factores ambientales del fenotipo conductual en el ratón doméstico. En <http://www.frontiersinzoology.com/content/12/S1/S17>. [Confirmado el 27,03,2018].

Los sonidos con significado a unos niveles de intensidad relativamente bajos pueden tener un efecto considerable en la fisiología y comportamiento del animal al comprometer su sistema límbico y a los centros superiores implicados en la determinación del contexto y significado<sup>91</sup>.

Los roedores tienen un espectro de sonidos audible diferente, con una sensibilidad máxima para frecuencias que son inaudibles para los humanos (recordemos, con capacidad auditiva situada de 20 a 20.000 Hz). En general, ellos son capaces de percibir hasta los 80.000 Hz. Por el extremo inferior del espectro audible, las ratas Wistar poseen una sensibilidad auditiva que se localiza cerca de los 40 Hz<sup>92</sup>.

En otro estudio<sup>93</sup>, mediante el uso de técnicas de comportamiento y electrofisiológicas, se estableció que el grado más alto de sensibilidad auditiva absoluta de las ratas albinas en la zona superior de su espectro auditivo, está en torno a 12.000 - 24.000 Hz, siendo el límite auditivo más alto sobre 50.000hz. Sin embargo, se sabe que existen diferencias en la estructura de los distintos tipos celulares del oído interno entre las *Norvegicus* pigmentadas y albinas (Borg, 1982). También se han relacionado las diferencias en la sensibilidad auditiva con las diferencias de edad, cepa y origen, entre otras consideraciones reseñables.

---

<sup>91</sup> Turner, J.G. *et al.* (2005:12-23): estudian la audición en animales de laboratorio con diferencias de tensión analizando los efectos no auditivos provocados por el ruido encontrando diferencias no auditivas entre ratas de diferentes cepas.

<sup>92</sup> Gourevitch, G. y Hack, M.H. (1966:289-91): determinaron que la región de frecuencia de mayor sensibilidad auditiva para la rata, aproximadamente una octava de amplitud está localizada cerca de los 40 Hz (frecuencia a la que es más sensible). En este estudio, se entrenaba a ratas Wistar, privadas de agua, a responder a un tono presionando una barra para obtener agua como recompensa (condicionamiento operante).

<sup>93</sup> Borg, E. (1982:101-115): estudió y analizó los diferentes umbrales auditivos en ratas albinas de diferentes edades.

Cabe señalar la relevancia que tiene el hecho de que las primeras respuestas auditivas a través de los nervios y el bulbo raquídeo comienzan en crías de rata aproximadamente entre los 7-8 días de edad y que su sensibilidad auditiva aumenta con la apertura del conducto auditivo a los 12-14 días postnatales para alcanzar umbrales adultos alrededor de los 20-22 días<sup>94</sup>.

En cuanto a los efectos auditivos del ruido, al considerar las influencias del ruido en la fisiología y comportamiento de los animales de laboratorio, se han referido y revisado en literatura científica tanto efectos auditivos (daño en el oído) como efectos no auditivos.

La exposición a ruido intenso puede dañar la cóclea y el oído interno, y ocasionar una cascada de efectos auditivos a lo largo de todo el sistema auditivo central<sup>95</sup>. Como se ha comentado anteriormente, las crías de rata son más sensibles al daño auditivo antes de los 22 días de vida, durante el periodo de diferenciación de las estructuras del oído<sup>96</sup>.

La franja de los días 10 a 16 posteriores al nacimiento es un periodo crítico (incluyendo apertura del conducto auditivo) pues maduran y se estructuran algunas partes del sistema auditivo, concretamente los núcleos cocleares dorsal y ventral, que podrían requerir estimulación acústica adecuada (Lenoir, 1979).

---

<sup>94</sup> Voipio, H.M. (1997:1-80): estudia y analiza cómo reaccionan diferentes cepas de rata al sonido.

<sup>95</sup> Fletcher, J.L. (1976: 51-62): analizó la influencia negativa del ruido de diferente intensidad en el entorno inmediato de las casas o granjas de animales.

<sup>96</sup> Lenoir, M. et al. (1979: 521-4): determinaron y valoraron los daños auditivos por la gran susceptibilidad de la cóclea de las ratas de menos de 22 días de edad.

En cuanto a los efectos no auditivos del ruido, las convulsiones audio-génicas pueden ser un posible efecto del sonido. Un animal con estos trastornos ocasionados por el ruido intenso y continuado puede agazaparse, temblar y cambiar su comportamiento (por ejemplo, en el aseo) después de un estímulo auditivo.

En este tipo de experimentos, este estado es inmediatamente seguido por carreras incontroladas y convulsiones que implican episodios tónicos y clónicos<sup>97</sup> encontrándose en el estudio histológico posterior hipertrofia adrenal (glándulas adrenales aumentadas producto del bloqueo de la síntesis de cortisol a distintos niveles) en respuesta al estrés recurrente por ruido, y descensos en el colesterol y ácido ascórbico con aumento en corticosteroides como respuesta aguda a estrés audio-génico, donde los niveles de intensidad del ruido superaban los 100 dB (a partir de 85 dB A, ocurre) a frecuencias de 2500 a 3000 Hz<sup>98</sup> con respecto a los grupos de control, sometidos a 60 dB o niveles de ruido de fondo.

Otros estudios han mostrado niveles alterados de hormonas en respuesta a la exposición al ruido; por ejemplo, aumentos en los niveles de norepinefrina, colesterol y corticosterona. El aumento en los niveles de hormonas del estrés es recurrente y sugiere una activación inducida por el ruido del eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal (*eje HPA*, del inglés), lo que podría causar varios problemas relacionados con niveles anormalmente altos en la circulación de hormonas circulantes del estrés (Duncan, 1957).

---

<sup>97</sup> Bevan, W. (1955: 473–504): evidenció convulsiones cíclicas y recurrentes en ratas de laboratorio precipitadas por el ruido de alta intensidad.

<sup>98</sup> Duncan, I.W. (1957: 563–568): analizó el efecto de las crisis audio-génicas en rata Wistar.

En definitiva, existen tantos estudios, como efectos nocivos en ratas de laboratorio producidos por el ruido y tenemos constancia de ellos. El estudio aquí presentado ha incidido negativamente en los cinco primeros días postnatales a través de las estimulaciones sonoras preparadas con un nivel de intensidad o presión sonora situado en el margen de 57,8 a 60 dB como se ha comentado en el apartado II. 2.

En cuanto a los efectos positivos, por ejemplo, del enmascaramiento de ruidos, hay estudios que muestran el efecto producido por sistemas como la radio, donde se demuestra que el tratamiento musical con adagios de Música Clásica a una intensidad de 40 dB en un periodo de 9:00 a 14:00 horas durante ocho días ininterrumpidos, reducen la metastaticidad de las células WRC 256 en ratas macho Wistar perteneciente a dos grupos de experimentación (sometidas y no) a estrés auditivo originado por alarma de incendios a 100 dB de intensidad<sup>99</sup>.

Así pues, la música a través de la musicoterapia propone una terapia complementaria con un enorme potencial en la actualidad, pues han surgido numerosos estudios científicos con roedores que indican que utilizarla como recurso influye en alteraciones metabólicas de forma positiva; en la regulación del eje (anteriormente apuntado) Suprarrenal Hipotalámico Hipofisario (HPA) ya que reduce los niveles de ACTH en ratas estresadas<sup>100</sup>, en el Sistema Nervioso Simpático y en el Sistema Inmune. Además, erradica la ansiedad demostrando tener efectos sobre los niveles de cortisol y regula también la hipertensión, entre otras consideraciones sobresalientes.

---

<sup>99</sup> Nunez, M.J. et al. (2002: 1047–57): donde reflexionan en un ejercicio intenso sobre música, inmunidad y cáncer.

<sup>100</sup> Attoui, N. et al. (2015: 374-377): comprueban como la música modula y atenúa la ansiedad en ratas Wistar macho.

Por otro lado, aunque no exista un consenso con respecto a la apreciación de la música por parte de los animales, dicha circunstancia no es necesaria, pues se tiene en cuenta que muchos mecanismos utilizados para probar su efecto sobre la ansiedad y el estrés ya han sido informados en la literatura científica.

Apuntar dos beneficios más que se han documentado. Por un lado, aumenta la síntesis de dopamina (neurotransmisor excitador) en el cerebro utilizando sus altas frecuencias (de 4000 a 16000 Hz, principalmente) y por otro, dota a las ratas de mayores efectos neurofisiológicos confirmados por alteraciones en las respuestas autónomas como la presión arterial (Attoui *et al.*, 2015), mencionada anteriormente.

Además, la música también activa significativamente varias regiones subcorticales en los seres humanos (Levitin, 2005), incluido el Núcleo Accumbens (área cerebral que desempeña un papel importante en el procesamiento de la motivación, el placer, la recompensa y el refuerzo), el área VTA (procesos de recompensa cuando recibe dopamina) y el hipotálamo (región del cerebro que modula las respuestas autónomas, como la frecuencia cardíaca, que se alteran positivamente cuando se exponen a estímulos musicales agradables). La liberación elevada de dopamina puede ser el mecanismo neuroquímico que puede explicar los sentimientos de recompensa que aporta la Música<sup>101</sup>.

---

<sup>101</sup> Levitin, D.J. (2005: 175-84): analiza las recompensas de escuchar música y su conectividad con el sistema límbico.



Al estimular con música, estructuras como la amígdala, el córtex, el hipocampo y el hipotálamo se verán afectados pues los canales de atención del cerebro son excitados por estos estímulos auditivos de manera significativa, lo que expresa sin duda su relevancia, entre otras tantas explicaciones<sup>102</sup>.

El estudio aquí presentado ha incidido positivamente en los cinco primeros días postnatales de los sujetos de rata Wistar a través de las estimulaciones musicales preparadas al efecto.

En cuanto a los periodos del desarrollo de la rata Wistar implicados, señalar unas breves puntualizaciones sobre las fases; prenatal, postnatal y adolescencia, dejando necesariamente a un lado por razones obvias (las camadas de nuestro diseño experimental serán sacrificadas antes para el estudio histológico), la adulta y reproductiva, pues nos servirán para entender mejor los momentos principales del experimento realizado.

Utilizando un lenguaje sencillo, cada descripción-fase es susceptible de constituir una revisión propia de la literatura actual donde se refleje lo más importante. A nivel introductorio, el feto en desarrollo es la base de los cambios diarios durante el proceso de ontogenia prenatal<sup>103</sup>, que generalmente es altamente predecible. Aun así, el momento exacto de eventos de desarrollo y, en consecuencia, el final exacto de la fase prenatal puede variar dando lugar a un retraso o inicio avanzado de la fase postnatal en una gama de alrededor de un día.

---

<sup>102</sup> Yehuda, N. (2011: 85-94): reflexiona sobre la influencia de la música en el estrés.

<sup>103</sup> Hong, K. *et al.* (2006: 109-114): comprueban la influencia del ruido prenatal y la música en la memoria espacial y la neurogénesis del hipocampo de la rata.

Las características del desarrollo evolutivo implicadas en las fases involucradas del estudio han sido:

En la fase prenatal, ha demostrado que los factores ambientales han mediado mucho en las influencias epigenéticas formando el comportamiento del fenotipo. Después de la concepción, se desarrolla una sola célula para dar lugar a un organismo multicelular complejo durante un período de unos 21 días. Durante este período, el óvulo fertilizado se divide y una variedad de tipos de células, tejidos especializados y órganos son conformados. Los procesos durante la embriogénesis incluyen grupos coordinados de división celular, especialización celular, migración celular y muerte celular programada genéticamente.

De especial interés para cualquier desarrollo de comportamiento, son los procesos siguientes al desarrollo neuronal que comienza alrededor del día 8 a 9 a nivel embrionario con el cierre del tubo neural. El tubo neural se desarrolla en la médula espinal y el cerebro, orquestado por la expresión genética coordinada y precisa con miles de genes. Durante la maduración neuronal de los tejidos, los circuitos cerebrales son altamente plásticos. En general, se supone que los cambios en el entorno uterino son capaces de ejercer cambios duraderos en el comportamiento y fisiología (Hong *et al.*, 2006).

Ya durante el desarrollo prenatal, los comportamientos motor-sensoriales y cognitivos pueden ser observados en roedores, aunque probar habilidades de aprendizaje en el útero es desafiante.

Al terminar el embarazo, si la camada se lleva a término, las crías tendrán que tratar con el entorno en el que nacen, ya sea bueno o adverso. Naturalmente, un entorno beneficioso (comida abundante, bajo riesgo de depredación y muerte infantil, condiciones sociales estables y predecibles) sería completamente diferente en comparación con un ambiente adverso y desafiante (escasez de alimentos, alto riesgo de depredación, inestabilidad social).

Por tanto, después de la gestación, la madre es el único vínculo entre su descendencia y el entorno actual, y es probable que tales efectos estén mediados por mecanismos intrauterinos. Especial énfasis se ha puesto en todos los estudios revisados, sobre el estrés y las hormonas del estrés que son capaces de cruzar la placenta y así afectar directamente desarrollo intrauterino.

Los niveles de la hormona del estrés se ven aumentados en hembras embarazadas que se topan con efectos adversos en condiciones ambientales. Experimentalmente, en este modelo de adversidad ambiental, las hembras embarazadas han sido expuestas a una variedad de estresores como el manejo diario, inyecciones salinas repetidas, luz constante, ruido, forzado de natación, señales olfativas de machos desconocidos, o restricción repetida. Normalmente, en ratas estos procedimientos causan de manera confiable mayor comportamiento similar a la ansiedad, con disminución (Duncan, 1957)

de la locomoción y regulación en eje Hipotalámico-Pituitario-Adrenal alterado (HPA) ya comentado. Tales tratamientos suelen afectar a la descendencia de manera consistente<sup>104</sup>.

En la fase postnatal, se ha demostrado que nacer implica un cambio traumático. La temperatura y nutrición que ha sido suministrada constantemente por la madre ahora son variables más o menos impredecibles (Hong *et al.*, 2006).

Además, la lucha por el sustento consiste en interactuar con los hermanos que compiten por los mismos recursos, aunque los cachorros de rata son altriciales, es decir, nacen ciegas, sin los conductos auditivos abiertos, prácticamente sin pelo y con una movilidad muy limitada.

A pesar de que nacen en un estado muy inmaduro, ciegas y sordas, tienen bigotes, y capacidad de procesar tanto táctil como olfativamente. Asimismo, detectan señales térmicas en su primer día de vida. El cabello comienza a aparecer alrededor de los tres días de edad, pero la termorregulación sigue siendo en gran medida dependiente del ambiente, muy ligada a la calidad del nido, cuidado materno y posición dentro de la camada.

La vocalización ultrasónica que provoca el cuidado materno comienza después del nacimiento y aumenta en intensidad hasta octavo día. Los oídos se abren sobre el día 3 y la capacidad de ser condicionados a las señales auditivas está presente sobre el día 4 o 5 postnatales (edad postnatal muy significativa donde se ha desarrollado la estimulación sonora y/o musical de este estudio). Aun así, el desarrollo completo del interior las estructuras del

---

<sup>104</sup> Castelhana-Carlos, M. J. y Baumans, V. (2009: 311– 327): analizan el impacto del estrés en ratas gestantes de laboratorio.

oído tardan más tiempo y se completan sobre el día 13. Los ojos también se abren alrededor de ese tiempo. Hasta alrededor del día 16, las ratas Wistar cachorro son alimentados solo con lactancia (Hong *et al.*, 2006).

Prácticamente, desde el día 0 un desarrollo rápido de habilidades de comportamiento y reflejos comienza. El primer conjunto complejo de habilidades motoras; como el agarre de la extremidad anterior, la colocación de las extremidades traseras, ponerse de pie, y autoacicalarse se desarrollan continuamente durante los primeros seis días de vida. El primer agonista de los rasgos (Castelhano y Baumans, 2009) aparece con la postura defensiva y mordiente que puede ser provocada entre los días 12 a 14 después del nacimiento. La percepción sensorial disponible suele aparecer aproximadamente pasadas las dos primeras semanas, a partir del día 15 postnatal. La mayoría de su tiempo lo dedican al comportamiento exploratorio e investigativo. Como la percepción sensorial no está del todo completada, las ratas jóvenes no pueden discriminar entre estímulos dañinos e inofensivos.

El período postnatal temprano termina sobre los días 21 a 25 con la finalización del destete y, por lo tanto, la independencia de la madre. El proceso de maduración hasta alcanzar la independencia nutricional y de comportamiento es un cambio en la vida de las ratas jóvenes que marca uno de los focos principales en su desarrollo. Las ratas destetadas son, sin embargo, aún de pequeño tamaño y no completamente diferenciadas sexualmente.

La fase de adolescencia supone la transición del desarrollo desde la infancia a la edad adulta. Durante esta fase, una multitud de cambios hormonales y de

comportamiento, así como alteraciones en las estructuras neurobiológicas se producen junto con una sustancial remodelación de circuitos corticales y límbicos. Esta variedad de cambios conduce a factores cognitivos, emocionales, y de madurez social y sexual (Hong *et al.*, 2006).

En general, la fase de la adolescencia se caracteriza por un comportamiento y fisiología que difiere sustancialmente de la edad adulta, donde hay una tendencia general de mayor apertura a la actividad de campo a lo largo de las tres etapas de la adolescencia que en la edad adulta. El aumento del consumo de alimentos durante esta fase se acompaña de un alto gasto energético.

La madurez sexual precede al comportamiento maduro. La producción de feromonas en ratas Wistar macho es detectable en esta fase de la pubertad donde hay una mayor producción o secreción de hormonas esteroides gonadales. Además, comienzan a mostrar (Castelhana y Baumans, 2009) también signos específicos graves de agresión relacionada, aunque el comportamiento agresivo *per se* no se observa en los machos antes de la adolescencia tardía.

En cuanto a la etapa adulta y reproductiva, ya se ha comentado anteriormente que no son objeto de este estudio. Conviene señalar en cualquier caso respecto a la cognición, que la capacidad de aprender es mayor en ratas adultas en comparación con sus homólogas senescentes pues tienen una memoria espacial más fuerte.

Por último, reiterar nuevamente, que el diseño experimental propuesto en este estudio cumple con todos los procedimientos que cubren la experimentación con animales en la UE (DIRECTIVA 2010/63/UE del Consejo).

## II.4 Consecuencias evaluables

Según la Organización Mundial de la Salud, cada año nacen en torno a 15 millones de niños antes de la semana 37 de gestación. Cerca del 7% de los niños que nacen en España son prematuros, es decir, de los 31.000 bebés nacidos en 2019, 1 de cada 13, lo son. Esta cifra es muy similar a la de otros países del entorno europeo (aproximadamente 500.000), un número que continúa en aumento<sup>105</sup>.

En este sentido, la prematuridad constituye la primera causa de mortalidad en neonatos en todo el mundo. Sin embargo, al menos un 75% de estos decesos podría prevenirse. Los neonatos prematuros presentan, en comparación con los nacidos a término, mayor riesgo de problemas de salud. El resultado es que la cifra de bebés que fallecen a consecuencia de un parto prematuro es superior a la de aquellos que lo hace por enfermedades mejor conocidas, caso de la malaria o del VIH/sida<sup>106</sup>.

Estas cifras van a suponer mayor mortalidad y morbilidad perinatal, tal como ocurre en los partos muy prematuros, con el bajo peso (4-9% de los nacidos vivos con un peso < 2.500 g) e incluso, en algunas de las anomalías congénitas que desarrollan estos niños (26 por 1.000 nacimientos)<sup>107</sup>.

---

<sup>105</sup> APREM, Web: *Día Mundial de la Prematuridad*. Recuperado de <http://aprem-e.org/dia-mundial-de-la-prematuridad-2019/> [ Confirmado el 28,11,2019].

<sup>106</sup> Comunidad de Asociaciones Somos Pacientes, Web: *Crece en todo el mundo la tasa de prematuridad*. Recuperado de <https://www.somospacientes.com/noticias/sanidad/la-prematuridad-primera-causa-de-mortalidad-global-en-bebes/> [ Confirmado el 02,11,2019].

<sup>107</sup> Instituto Nacional de Estadística INE, Web: *Prematuridad en España*. Recuperado de [https://www.ine.es/buscar/searchResults.do?searchString=prematuros&Menu\\_botonBuscador=Buscar&searchType=DEF\\_SEARCH&startat=0&L=0](https://www.ine.es/buscar/searchResults.do?searchString=prematuros&Menu_botonBuscador=Buscar&searchType=DEF_SEARCH&startat=0&L=0) [ Confirmado el 03,11,2019].

Es decir, los bebés que nacen prematuros y con bajo peso al nacer, tienen más probabilidades de morir y tener trastornos neurológicos y de desarrollo a largo plazo, que los que nacen a término.

Por consiguiente, lo reiteramos de nuevo, la comunidad científica es conocedora que la incidencia de estas complicaciones ha aumentado en la actualidad en muchos países, lo que refleja unos logros ciertamente limitados en la prevención de situaciones de alto riesgo<sup>108</sup> en comparación con los avances médicos que han reducido la mortalidad de los nacimientos pretérmino en estas dos últimas décadas.

#### **II.4.1 El ruido como estímulo nocivo y doloroso**

Existe evidencia científica contrastada de los efectos perjudiciales del Ruido<sup>109</sup> de las UCIN respecto del desarrollo neurológico, pues influye negativa y directamente sobre el dolor de los recién nacidos prematuros.

La mejor evidencia disponible relacionada con los perjuicios que originan los ruidos en los neonatos pretérmino es que existe certeza científica sobre las deficiencias que originan. Por ejemplo, la deficiencia auditiva se diagnostica del 2 al 10% de los recién nacidos prematuros en comparación con el 0,1% de la población pediátrica general<sup>109</sup>.

---

<sup>108-109</sup> Datos extraídos del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad a través del informe relativo a las Unidades de Neonatología, estándares y recomendaciones de calidad, realizado de forma pormenorizada en el año 2014. Recuperado de la web [https://www.msbs.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/NEONATOLOGIA\\_Accesible.pdf](https://www.msbs.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/NEONATOLOGIA_Accesible.pdf) [Confirmado el 25,11,2018].

<sup>109</sup> Almadhoob, A. y Ohlsson, A (2015: DOI: 10.1002 / 14651858): analizan el impacto de los ruidos de la UCIN en el dolor de recién nacidos prematuros o 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>. [Confirmado el 18,02,2018].



Así es, el ruido de forma generalizada puede causar apnea, hipoxemia, alternancia en la saturación de oxígeno y un mayor consumo de oxígeno secundario al aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria y, por lo tanto, puede disminuir la cantidad de calorías disponibles para el crecimiento. Además, se necesitan niveles elevados en las conversaciones del personal sanitario para superar el entorno ruidoso en la UCIN, lo que aumenta los impactos negativos en los recién nacidos y sus familias, principalmente.

Por otro lado, los altos niveles de ruido están asociados con una mayor tasa de errores y accidentes, lo que lleva a una disminución del rendimiento de los profesionales de atención neonatal. Un objetivo principal sería, incluyendo las intervenciones y conversaciones de éstos, limitar los niveles de ruido a 45 dB o menos a través de mantenimientos y mejoras dentro de la UCIN principalmente para operar como dictan las recomendaciones nacionales e internacionales acreditadas.

Por tanto, el diseño experimental aquí presentado, puede poner en valor la necesidad de aplicar y probar su eficacia en contexto de UCIN real con neonatos pretérmino. En definitiva, nuestra propuesta no elimina estos ruidos, pero si puede ayudar a atenuar o mitigar los efectos de estos focos sonoros con estimulación musical. En este sentido, habría que evaluar en primer lugar, qué efectos tiene la atenuación real de estos ruidos en la atención médica de los neonatos pretérmino de forma inmediata y así, valorar displasia broncopulmonar, hemorragia intraventricular, leucomalacia periventricular, retinopatía del prematuro, etc. (todas afecciones propias de la prematuridad), y más a largo plazo, en el crecimiento y los resultados del desarrollo neurológico de los mismos (especialmente ligado a su rendimiento escolar).

Otros objetivos secundarios podrían ser, evaluar los efectos de su reducción en los patrones de sueño a los tres meses de edad, el desempeño y funcionamiento del personal de la UCIN, la satisfacción de los padres con la atención recibida, etc., entre algunos criterios destacables.

#### **II.4.2 La música como estímulo beneficioso e indoloro**

Existe evidencia científica contrastada de la efectividad de la música<sup>110</sup> como recurso beneficioso para el desarrollo neurológico pues actúa directamente sobre el dolor en los recién nacidos prematuros.

La mejor evidencia disponible relacionada con la efectividad de la música como método de alivio del dolor entre los recién nacidos prematuros durante los procedimientos dolorosos en la UCIN se pone de manifiesto de manera relevante en lo cotidiano. Estos bebés están expuestos a una variedad de procedimientos dolorosos y la eficacia de la música ha sido probada desde la musicoterapia (Del Olmo, 2009) siendo capaz de combatirlos de forma exitosa (por ejemplo, en referencia al pinchazo en el talón, la succión endotraqueal, etc.), así como los derivados del estrés ambiental (el ruido y la luz, principalmente). Muchos estudios han demostrado (Pölkki, y Korhonen, 2002) que el dolor repetido y sostenido puede tener consecuencias directas a largo plazo en el desarrollo neurológico, orientado también la conducta de los neonatos durante la fase de rápido desarrollo del sistema nervioso central.

---

<sup>110</sup> Pölkki, T. y Korhonen, A.(2002: 4600-4609): analizan el impacto de la música en el dolor de los neonatos prematuros a través de una revisión sistemática de diferentes estudios. En <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25633155>. [Confirmado el 17,02,2018].

Así es, el dolor puede causar cambios fisiológicos, de comportamiento y hormonales detectables y contribuir al desarrollo alterado del sistema de dolor durante la infancia y la adolescencia. En cambio, la música en vivo, por ejemplo, supone una tipología excelente cuando es constante, tranquila, calmante y dirigida a los bebés (Del Olmo, 2009). En este sentido, su homónima (con la propuesta aquí presentada) también puede ofrecer su calidad y eficacia. No obstante, no se ha de enfatizar sobre que el sonido grabado deba reemplazar la exposición de la voz humana en la UCIN.

En consecuencia, una atención médica de calidad debe proporcionar una amplia gama de estimulaciones para que el bebé pueda escuchar, como ya se hace, a través de las voces de los padres en vivo, cantando o canturreando en sus interacciones, etc.

Por tanto, puede desarrollarse cualquier otra medida alternativa que haya podido probar su eficacia. De esta manera, este diseño experimental y su aplicación se han puesto en valor para su proyección prospectiva sobre neonatos pretérmino, comprobando por supuesto, su validez.

En definitiva, la música funciona en estas edades gestacionales. Lo reiteramos de nuevo, habría que visualizar los efectos de las estimulaciones musicales de este diseño experimental en la atención médica de los neonatos pretérmino de forma inmediata o corto plazo (con los mismos planteamientos anteriormente expuestos), y también, a más a largo plazo, en referencia al crecimiento y a los resultados del desarrollo neurológico involucrados.

De la misma manera, otros objetivos secundarios podrían ser, evaluar los efectos de su reducción en los patrones de sueño a los tres meses de edad, el desempeño y funcionamiento del personal de la UCIN, la satisfacción de los padres con la atención recibida, etc., entre otros criterios establecidos.

## **II.5 Repercusiones vitales y económicas implicadas**

En cuanto a los niños, gracias a las mejoras en la formación del personal y a la implantación del actual equipamiento médico, las UCIN actuales han permitido aumentar de manera significativa la supervivencia de los recién nacidos muy prematuros. Dicho incremento, además, se ha acompañado de una disminución de la prevalencia<sup>111</sup> de discapacidad neurológica grave previamente observada sobre todo en forma de parálisis cerebral (hoy presente en menos del 5% de los menores de 32 semanas), discapacidad intelectual, pérdida auditiva neurosensorial y ceguera secundaria a la retinopatía de la prematuridad<sup>112</sup>. No obstante, existen también otros problemas en el neurodesarrollo a medio y largo plazo, quizás de menor gravedad, pero de mayor prevalencia, que están indiscutiblemente situándose en el centro de la atención de profesionales sanitarios, educativos y de las propias familias.

En este sentido, problemas de tipo oftalmológico, de déficit auditivo de diferente gravedad, diferentes alteraciones neuropsicológicas y de aprendizaje, el Trastorno del Espectro Autista, el Déficit de Atención e Hiperactividad y los

---

<sup>111</sup> Diccionario de Sinónimos on line: Prevalencia es sinónimo de predominar. Recuperado de <https://www.sinonimosonline.com/prevalencia/> [Confirmado el 19,02,2019].

<sup>112</sup> Anales de Pediatría, Org: *Seguimiento a medio-largo plazo de los niños prematuros y sus familias en nuestro país*. En <https://www.analesdepediatria.org/es-seguimiento-medio-largo-plazo-ninos-prematuros-articulo-S1695403319302425>. [Confirmado el 19,02,2019].

trastornos de conducta y comportamiento son significativamente más prevalentes (Schieve, 2016) que en la población general pudiendo estar presentes hasta en el 50% de los grandes prematuros. Lo que significa sin ningún género de dudas que estamos asistiendo a claras repercusiones en su crecimiento, maduración, desarrollo y aprendizaje posteriores.

En referencia a las familias, la primera repercusión importante es el sentimiento de falta de atención permanente y especializada, y en muchos casos de soledad, en su nueva situación. Por eso, una de las mejoras consideradas<sup>113</sup> es la creación de unidades de seguimiento especializadas y multidisciplinarias donde se atiendan en conjunto a estas familias, para que puedan ser posteriormente remitidas a los centros de rehabilitación y atención temprana más adecuados a su situación y circunstancias particulares.

Al mismo tiempo, sería deseable una prolongación eficaz y eficiente de los programas de seguimiento más allá de la edad preescolar, como mínimo hasta los 6-7 años. En la actualidad, existen limitaciones en el seguimiento de estos pacientes a los dos primeros años de vida e implica dejar desatendidas las potenciales necesidades futuras de estos niños y sus familias.

Por último, en relación al gasto público, la Administración sabe que los casos derivados de la prematuridad extrema son costosos. La *Morbilidad* en estos niños es evidente, pues en general van a tener más complicaciones a corto,

---

<sup>113</sup> Incluidas en el Libro Blanco de la Atención Temprana. Federación Estatal de Profesionales de Atención Temprana - GAT. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Real Patronato sobre Discapacidad, 2005.

medio y largo plazo. Las estimaciones indican que los costes son 10 veces mayores para prematuros que para neonatos a término<sup>114</sup>.

Por supuesto, todo este coste vital y económico influye en los propios recursos que la sociedad en la que se encuentran esos niños y sus familias, que ha de destinar más recursos humanos, materiales y económicos para atender dicha problemática.

En conclusión, los prematuros que nacen hoy en España y sus familias merecen no solo la mejor atención perinatal que podamos darles, sino también todos los recursos necesarios para asegurar una adecuada integración de estos en el medio familiar, escolar y social.

## **II.6 Perspectivas de cambio en las condiciones sonoras neonatales**

Las UCIN actuales requieren de especiales cuidados de diseño dirigidos a minimizar los niveles de estrés al que se pueden encontrar sometidos los niños prematuros. La práctica clínica muestra que la reducción de ciertos estímulos ambientales como el ruido, la luz, los olores, la manipulación, el dolor y la posición puede mermar la secuela neurológica en los niños prematuros, lo que ayuda a una mejor organización de su sistema nervioso central a través de la disminución de conductas de estrés<sup>115</sup> (Hernández-Molina *et al.*, 2018).

---

<sup>114</sup> Scielo, Web: *Epidemiología de la prematuridad, sus determinantes y su prevención*. Recuperado de la plataforma [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75262016000400012](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75262016000400012). [Confirmado el 17,02,2019].

<sup>115</sup> Análisis del ambiente sonoro en una unidad de cuidados intensivos de neonatología. XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre 2018. Recuperado de [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Cadiz18/AAM-3\\_004.pdf](http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Cadiz18/AAM-3_004.pdf) [Confirmado el 17,02,2019].

La tendencia actual en el diseño de las unidades de cuidados intensivos se encuentra claramente expuesta en el trabajo publicado por la Asociación Española de Pediatría: “*Revisión de los estándares y recomendaciones para el diseño de una unidad de neonatología*” (García del Río *et al.*, 2017).

En diciembre de 2005, el Journal of the Acoustical Society of America publicó un estudio en el que se analizaban los datos disponibles en los hospitales de todo el mundo entre 1960 y 2005 (Busch-Vishniac *et al.*, 2018). Ningún hospital cumplía las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que recomienda 30 dB para garantizar sueño nocturno reparador. Este estudio demostró la existencia de niveles sonoros de más de 70 dB durante el día y 60 dB durante la noche no son inusuales. (Hernández-Molina *et al.*, 2018).

En el diseño futuro de las UCIN es importante tener en cuenta el concepto de *ambiente sonoro*. Tanto el control del ruido, como las posibles vibraciones (transmitidas o directas) en este tipo de espacios (Hernández-Molina *et al.*, 2018) supone toda una prioridad en el diseño arquitectónico como requisito fundamental para la evaluación y selección del suelo, revestimientos de paredes y techos, sistema de calefacción, ventilación, etc.

En este sentido, las perspectivas sonoras de cambio de las UCIN pasarían claramente por la mejora de tres aspectos esenciales; los elementos del diseño arquitectónico de las salas, el ANC o *Cancelación Activa de Ruidos* sobre los distintos tipos de ruido producidos por los diferentes aparatos (no ha sido objeto de este estudio) y la posible compensación a nivel musical de manera que se pueda atenuar o aminorar el efecto sonoro que ocurre en las salas.

No obstante, no parece fácil que pueda mejorarse el *ambiente sonoro* a corto plazo y más aún, sabiendo que la tendencia actual y percepción generalizados es rebasar los límites de presión sonora establecidos por márgenes recomendados por diferentes organismos nacionales e internacionales. Por ello, desde nuestro diseño experimental ofrecemos una alternativa para compensar los niveles de ruido excesivo a través de la música.

### **II.6.1 La estimulación musical como elemento compensador**

Para poder valorar adecuadamente la estimulación musical en este diseño experimental y apreciar su efecto compensador, hemos considerado a nuestro recurso principal, la rata Wistar, como el instrumento clave para estimar en él dicho efecto. En este sentido, iniciamos la “*búsqueda*” (si se me permite la expresión) para encontrar la “*rata musical*” que este animal lleva dentro y que derivado de estas estimulaciones musicales verá comprometido su propio organismo y en consecuencia, su comportamiento fisiológico, motor, cognitivo, perceptual, autonómico, e incluso, psicológico y emocional; es decir, su comportamiento en la pruebas neuroconductuales realizadas dentro del entorno inmediato tras la experimentación en laboratorio.

El desarrollo experimental aquí presentado ha comprobado que los animales, de la camada sometida a música, han obtenido valores en los resultados finales afines a los del grupo control, lo que quiere decir que la música les ha servido como efecto compensador a la hora de combatir el estrés provocado por la separación de la madre (Castelhana y Baumans, 2009).



De esta manera se han utilizado las siguientes piezas musicales:

M1 = ÁNGELA

M3 = ZARZA

M5 = LUNA

M2 = NINO

M4 = ABEJA

M6 = BOSSA

Las melodías de las piezas musicales fueron tocadas e instrumentadas a una afinación de 432 Hz para efectuar la grabación original, siguiendo los parámetros acústicos de las frecuencias ubicadas entre 3000 a 6000 Hz como se advierte en el apartado I.5.3.5 del Bloque I, asegurando las estimaciones de carga cortical o enriquecimiento neuronal prestablecidas y en consecuencia, la normalización y mejora de los sujetos propuestos para esas estimaciones auditivas. El resultado final puede visualizarse más óptimamente en el ANEXO IIIc (comentadas en el apartado III.3.3) de este documento. Véase Tabla 07.

Tabla 07: Análisis de piezas musicales versus edad gestacional

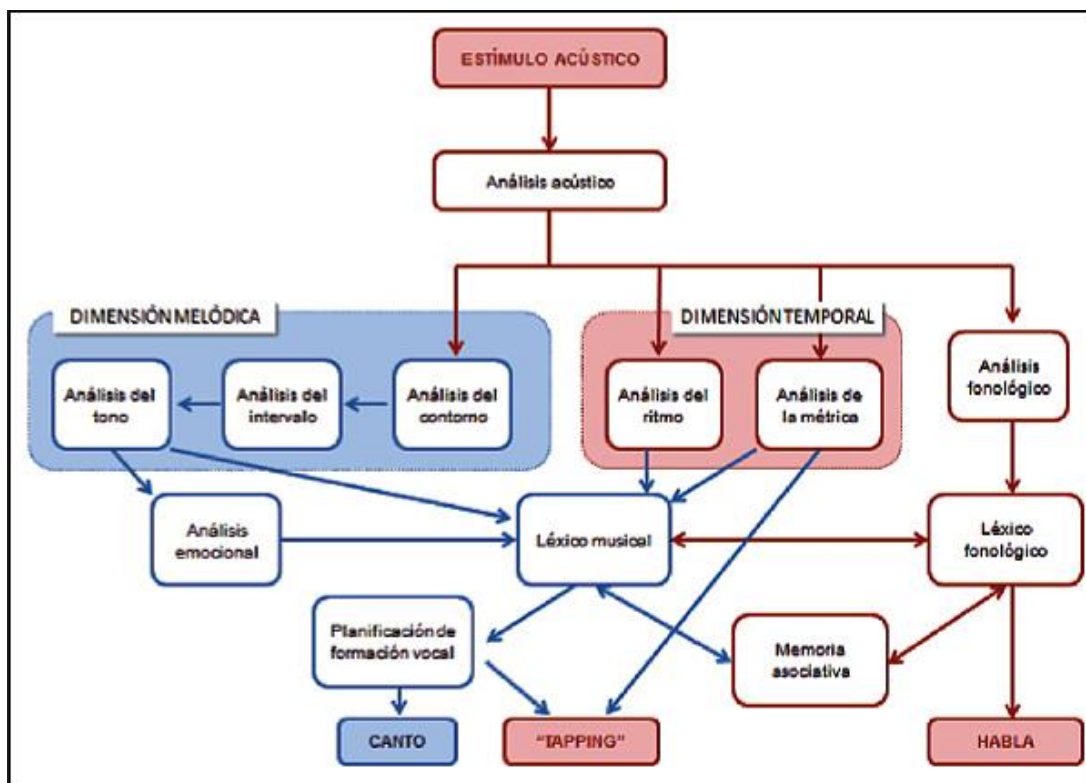
CANCIÓN	RITMO	MELODÍA	ARMONÍA	ESTRUCTURA	INSTRUMENTACIÓN
ANGELA	JAZZ WALTZ COMPÁS 3/4	AMBITO de 5ª (SOL 6 – RE 7) 3136,2 a 4700,4 hz	EN A: SOLm/RE  EN B: DOm/REm/Mib/FA/SOL	FORMA A - B	VIOLIN PIANO RHODES GUITARRA ACÚSTICA
NINO	BALADA COMPÁS 4/4	AMBITO de 8ª (RE 6 – MI 7) 2350,2 a 5275,4 hz	EN A: REm/SOLm/DO/FA/MIm 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 (FA# 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 – FA# 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

Fuente: Adaptación propia de Pacheco, I. (2018)

## II.6.2 La musicoterapia pasiva como elemento innovador

Como se ha apuntado en el apartado I.5.3.1 nuestra propuesta musical sigue el modelo de organización melódica u organización del tono de Peretz y Coltheart (2003) donde se propone por primera vez un modelo del procesamiento musical que se divide en dos grandes grupos<sup>116</sup>. Véase Tabla 08.

Tabla 08: Dimensión melódica del procesamiento musical



Fuente: Modularidad del procesamiento musical. Nature (2003:689)

<sup>116</sup> Peretz, I. y Coltheart, M. (2003:688-91): exponen que el procesamiento musical es complejo e involucra numerosas conexiones entre diferentes áreas. Del mismo modo, exploran que el análisis del estímulo musical se divide en una dimensión melódica y una dimensión temporal, pero finalmente ambas confluyen en el repertorio o léxico musical, incluyendo el análisis del lenguaje y la expresión de emociones.

En este sentido, el tono de un estímulo acústico depende de la frecuencia fundamental (F0), que es el primer múltiplo de frecuencia de un conjunto de armónicos, es decir, si un estímulo, por ejemplo, posee los armónicos de 100, 200, 300 y 400 Hz, la F0 corresponderá al componente de 100 Hz, y la percepción de este tono será de 100 Hz. El tono de un estímulo musical permite reconocer y ordenar a diversos sonidos en una escala musical, lo cual se conoce como notas musicales.

La capacidad de percibir tonos es un atributo fundamental del cerebro, y desde este modelo de percepción musical, bajo la perspectiva de la dimensión melódica se sabe que existen estímulos auditivos en los que se ha filtrado artificialmente la frecuencia de F0 y sólo se dejan los armónicos (en el ejemplo propuesto, los 200, 300 y 400 Hz comentados).

Sin embargo, desde el punto de vista perceptual, el estímulo es percibido de igual manera como un tono de 100 Hz. Este tipo de paradigma psico-acústico se denomina frecuencia *Fundamental ausente (Missing fundamental)* y se conoce que está presente en humanos, primates e incluso en roedores<sup>117-118</sup>.

Por ello, en el ámbito musical, una secuencia de tonos se utiliza para construir melodías o patrones repetidos en el tiempo; acordes que son una presentación simultánea de más de un tono; y la presentación sincrónica de más de una melodía, más conocida como armonía.

---

<sup>117</sup> Bendor, D. y Wang, X. (2016:391-9): en un estudio comparativo entre primates y seres humanos demuestran que se reproduce este tipo de paradigma acústico en ambas especies.

<sup>118</sup> Shofner, W.P. (2016:101-12): realiza un estudio con chinchillas ofreciendo resultados análogos.

Todas estas variaciones de las notas musicales producen un aumento de actividad cortical fundamentalmente en las regiones anterior y posterior del giro temporal superior en forma bilateral, con mayor grado en el H.D. o hemisferio derecho<sup>119-120</sup>, pero también se ha visto aumento de actividad en distintas localizaciones de los lóbulos frontales<sup>121-122</sup>.

Esto último, pone de manifiesto que la percepción de un tono musical involucra redes neuronales que incluyen las áreas corticales auditivas y además aquellas adyacentes al giro temporal superior, por lo que el reconocimiento de este componente de la música es compartido con el de otros sonidos como el lenguaje<sup>123</sup>.

De esta manera, el estudio experimental aquí presentado incluye el paradigma psico-acústico de "*Missing fundamental*" para ver si se puede reproducir e identificar en el desarrollo metodológico presentado con rata Wistar y ejerce su influencia, tanto en el giro temporal superior (principalmente del H.D.), como en alguna de las diferentes localizaciones cerebrales de los lóbulos frontales.

---

<sup>119</sup> Griffiths, T.D. *et al.* (1998: 423): analizan la estructura temporal del cerebro humano a través del sonido.

<sup>120</sup> Patterson, R. D. *et al.* (2002: 767-76): estudian el procesamiento de la información temporal del tono y la melodía en la corteza auditiva.

<sup>121</sup> Zatorre, R. J. *et al.* (1994:1908-19): profundizan sobre los mecanismos neuronales subyacentes a la percepción melódica y del tono en la memoria.

<sup>122</sup> Koelsch, S. y Siebel, W.A. (2005:578-84): proponen una base neuronal de la percepción musical.

<sup>123</sup> Levitin, D. J. y Menon, V. (2003:2142-52): proponen que la estructura musical se procesa en las mismas áreas del lenguaje, es decir, en el área 47 o de Brodmann.

En cuanto a los sustratos que subyacen al análisis de la organización temporal de la música, es decir, el análisis del ritmo y la métrica, han sido menos estudiados en comparación a la organización tonal.

Por otro lado, el componente emocional juega un papel principal en la percepción musical, puesto que el estímulo musical es más que el reconocimiento de la melodía y su temporalidad, constituye una experiencia que desencadena una respuesta fisiológica involuntaria e intensa, derivada por la connotación que cada sujeto le da a cierta clase de música.

Incluso, en ciertos estudios se ha evidenciado la activación simultánea, tanto de la zona del córtex involucrada en el análisis de la melodía como en la zona de la corteza cerebral donde se muestran los estímulos placenteros, es decir, en el cuerpo estriado ventral, en la corteza órbito-frontal y en la amígdala cerebral<sup>124</sup>.

Por último, se sabe que el sistema eferente auditivo posee vías neuronales que descienden desde la corteza auditiva hacia el colículo inferior y complejo olivar superior y desde aquí, el sistema olivo coclear inerva a las células ciliadas externas de la cóclea<sup>125</sup>.

---

<sup>124</sup> Blood, A. J. y Zatorre, R. (2003:2142-52): correlacionan las respuestas emocionales placenteras con la actividad en las regiones cerebrales implicadas en la recompensa y la emoción.

<sup>125</sup> Robles, L. y Délano, P.H. (2008:413-45): estudian el sistema de eferenciación de los sentidos de forma completa.

En definitiva, la dimensión melódica del modelo seguido sólo está confeccionada para música monofónica (sin letra) como la que aporta el diseño experimental aquí presentado. De hecho, el planteamiento técnico del experimento, como podrá apreciarse en el apartado III.3.4 de este documento, utiliza un aparato de amplificación y altavoz acordes con la reproducción en dicho formato monofónico.

Por último, derivado de este planteamiento técnico, el modelo seguido ofrece una capacidad análoga a la de su homónima, la musicoterapia activa. Hemos conseguido llevar a la práctica un sistema de reproducción con formato de alta y sofisticada reproducibilidad, donde se identifica la calidad y calidez de la música hecha “*en vivo*”.

En este sentido, se trata de resolver si la base científica que necesitamos probar para aplicar toda esta proyección aquí planteada es extrapolable a los neonatos pretérmino de edad gestacional comprometida como se indica en el ANEXO IIc de este documento y se muestran evidencias objetivas al respecto.

## **II.7 ¿Qué propone nuestro modelo experimental de estimulación?**

Desde el punto de vista sonoro, ofrece una reproducibilidad exacta a la del contexto real en UCIN del HCSC, para valorar la incidencia negativa de los ruidos puestos a disposición como se aborda en el apartado III.3.2 de este documento. Todo ello, para experimentación en laboratorio con ratas Wistar.

Desde el punto de vista musical, ofrece una reproducibilidad de alta calidad en la modalidad de musicoterapia pasiva (Del Olmo, 2009), identificándose con su homónima, la musicoterapia activa, como si de una sala de conciertos se tratara. Es decir, es lo más parecido a tener a los músicos tocando en directo. Así, se aborda en el apartado III.3.3 para valorar la incidencia positiva de las piezas musicales puestas a disposición en esta parcela del diseño experimental. Todo ello para experimentación en laboratorio con ratas Wistar.

En relación con los neonatos pretérmino, el sonido a nivel perceptivo tiene diferentes localizaciones cerebrales, según se trate del ritmo, la melodía o la armonía. La audición del ritmo está localizada a nivel bulbar, origen de las acciones reflejas motrices; la melodía y los motivos melódicos se localizan a nivel encefálico; la armonía está ligada a nivel cortical, que es el encargado de controlar las actividades más intelectuales.

Nuestros oídos juegan un papel principal en la estimulación del cerebro. El oído humano es como una dinamo que transforma las estimulaciones que recibe en energía neurológica encauzada para alimentar el cerebro (Willens,1975).

La combinación de ambas parcelas, propone la base científico-descriptiva del funcionamiento de un sistema preventivo y complementario de normalización y mejora para el desarrollo neurológico de los neonatos pretérmino independientemente de la marca y modelo de la incubadora neonatal de cualquier UCIN que se indique.

### II.7.1 Grado y nivel de estimulación propuesto

El grado de estimulación hace referencia a los preceptos acústicos apuntados en el apartado I.5.3.5 que sitúa el campo melódico entre 3000 a 6000 Hz (Tomatis, 1991).

Cabe señalar que el desarrollo metodológico que se aplica en nuestro diseño experimental ha estado encaminado a ubicar convenientemente la parcela acústica de la música. Sin embargo, a pesar de ser éste un primer referente de partida, lo hemos utilizado siempre sin perder la sólida referencia que ofrece la música desde su parcela artística.

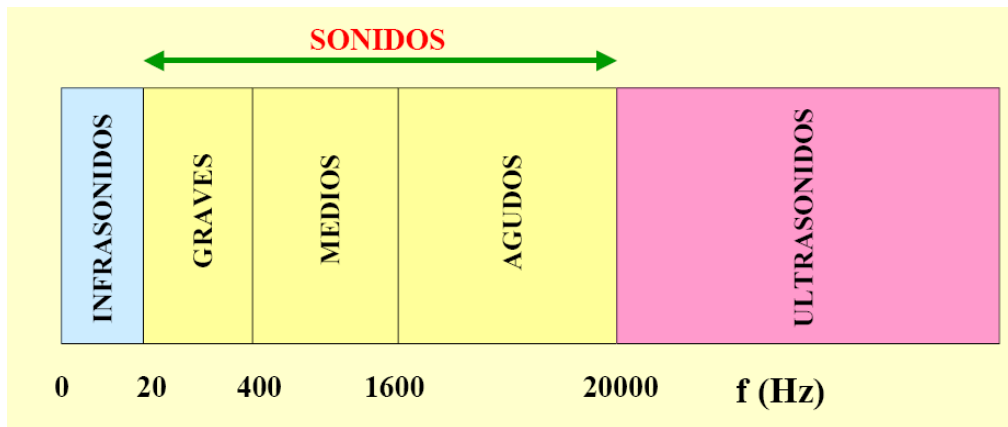
De esta manera, ha sido necesario clarificar y desgranar argumentalmente los dos aspectos conceptuales previos que éste en su recorrido necesariamente plantea. El primer elemento considerado es el *espectro auditivo*<sup>126</sup> constituido por el rango de frecuencias perceptibles para el ser humano. Este rango es bastante amplio, de 20 a 20.000 Hz, aunque no se encuentra tan desarrollado como en otros mamíferos, donde “Hz” es el hercio, unidad de frecuencia que representa las vibraciones (ondas) o ciclos por segundo de un sonido (Véase Gráfico 09). El espectro de frecuencias perceptibles a su vez puede dividirse de acuerdo al tono o altura de los sonidos en tres grupos (tonos graves, de 20 a 400 Hz, tonos medios de 400 a 1.500-2.000 Hz y tonos agudos, de 1.500 a 2.000-20.000 Hz aproximadamente).

---

<sup>126</sup> Web de Escolares.net, (18,01,2017). Rango de frecuencias perceptibles. [El espectro auditivo]. Recuperado de <https://www.escolares.net/fisica/espectro-auditivo/>. [Confirmado el 16,02,2019].



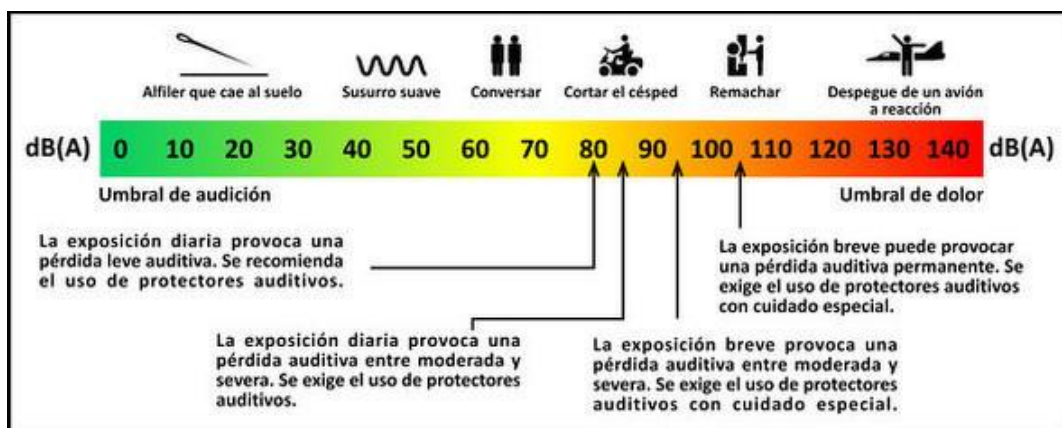
Gráfico 09: Rango de frecuencias perceptibles



Fuente: Devorondina (2018)

Por otro lado, tenemos las intensidades audibles representadas por el nivel de intensidad (volumen) del sonido/ruido, cuya unidad es decibelio o decibel (dB), donde el rango de intensidades audibles de una persona con un oído sano se sitúa entre los 0 dB (umbral de audición) que se corresponde a la menor intensidad audible y los 120 dB aproximadamente (umbral de dolor), donde la intensidad es demasiado alta, causando malestar físico en los oyentes. Véase el Gráfico 10.

Gráfico 10: Rango de intensidades audibles



Fuente: FISIC (2018)

Estos fundamentos acústicos previos ubican los preceptos utilizados desde el punto de vista de la musicoterapia que enfoca este diseño experimental, reiteramos, donde las ondas sonoras afectan al ser humano (Tomatis, 1991) de diferentes maneras dependiendo de las frecuencias en las que se encuentran dichas ondas (las vibraciones de baja frecuencia afectan al cuerpo y a la función vestibular -de 0 Hz a 1.000 Hz-, las vibraciones de frecuencias medias son las del lenguaje y la comunicación -de 1.000 Hz a 3.000 Hz- y las vibraciones de alta frecuencia energitizan y afectan a las operaciones mentales y psicológicas -de 3.000 Hz a 20.000 Hz-). Es aquí, en esta última banda de frecuencias, donde se ubican la totalidad de las selecciones musicales ideales en las que, como veremos a continuación, se genera la actividad eléctrica cerebral tipo  $\alpha$  anteriormente apuntada.

Llegado a este punto, hay que remontarse a la primera parte del siglo pasado para encontrar la figura y obra de Hans Berger (1929), psiquiatra y neurólogo alemán, pionero en el estudio de los impulsos eléctricos del cerebro, cuyas investigaciones acerca de la actividad cerebral constituyeron la primera descripción del electroencefalograma<sup>127</sup> (EEG), llegando a demostrar que existía un potencial eléctrico (oscilaciones de tensión) en el cerebro y descubriendo las ondas cerebrales tipo alfa ( $\alpha$ ) y theta ( $\theta$ )<sup>128</sup>.

Más tarde se descubrieron también las ondas cerebrales tipo beta ( $\beta$ ) y delta ( $\delta$ ). Gracias a estos descubrimientos, hoy se sabe que el cerebro produce

---

<sup>127</sup> Biografía y vidas, Web (20,01,2017): Hans Berger [Vida y obra]. Recuperado de <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/berger.htm>. [Confirmado el 13,03,2019].

<sup>128</sup> Psicología y Mente, Web (21,02,2017): *Las ondas cerebrales*. Recuperado de <https://psicologiymente.com/neurociencias/tipos-ondas-cerebrales> [Confirmado el 17,04,2019].

tenues impulsos eléctricos que pueden medirse en microvoltios. El diagnóstico realizado a través de los EEG dio un gran impulso al campo de la neurología y en la actualidad su tecnología se ha sofisticado digitalmente.

En este sentido, las ondas cerebrales, como todas las ondas, atienden a dos medidas básicas, la primera es la frecuencia o velocidad de los pulsos eléctricos (que como hemos expuesto anteriormente, se mide en ciclos por segundo, es decir, en Hz) y la segunda es la amplitud. Discriminando y atendiendo a la vertiente acústica de la música, y atendiendo a la primera magnitud y su relación con las ondas cerebrales *tipo  $\alpha$*  (principalmente) y *tipo  $\beta$*  por su significación<sup>129</sup> en el ámbito de neuroestimulación musical.

Empezando por estas últimas, que las ondas cerebrales *tipo  $\beta$*  (o estado tipo  $\beta$ ) representan la habilidad de procesar conscientemente los pensamientos del ser humano, y sus características principales, entre otras, se ligan de forma predominante al hemisferio izquierdo (lógico, racional y verbal), y la recepción de las señales a través de los cinco sentidos. Además, son las causantes de los estados de tensión, estrés y ansiedad, y las responsables de las frecuencias que se sitúan (a escala del EEG) entre los 14 a 30 Hz.

En cambio, las ondas cerebrales *tipo  $\alpha$*  (o estado *tipo  $\alpha$* ) representan un puente que une el consciente y el subconsciente, y sus características principales, entre otras, se ligan de forma predominante al hemisferio derecho (intuitivo, emocional y no verbal) y la relación con estados de percepción y creatividad, así como a la relajación y meditación. Además, son las causantes de los estados de ausencia total de tensión y estrés, y las responsables de las

---

<sup>129</sup> Psicología, Web (27,01,2017): Tipología detallada de las ondas cerebrales. [Psicología de la percepción]. Recuperado de <http://www.ub.edu/pa1/node/130>. [Confirmado el 18,05,2019].

frecuencias que se sitúan igualmente, siempre en la escala correspondiente del EEG, entre los 7 a 14 Hz.

Realmente, este fenómeno fue estudiado en la década pasada para valorar la veracidad científica de uno de los “*neuromitos*” más controvertidos de los últimos años, el *Efecto Mozart*<sup>130</sup>.

Sin embargo, después de realizar la lectura del estudio de las características acústicas y del espectro de frecuencias de la *Sonata para dos pianos K 448* (germen de dicho efecto) del compositor que le dio nombre, resultó sobresaliente la comprobación derivada del estudio espectral de sus melodías a través del programa MATLAB<sup>131</sup> de cómo se confirmaba que dicha obra musical contenía gran cantidad de ondas establecidas en el rango de 7 a 14 Hz (referida una vez más, a la escala de EEG), es decir, dicha sonata originaba una actividad eléctrica cerebral *tipo  $\alpha$* .

Así, aunque se afirmó que dicho efecto era real, pues existían *ondas  $\alpha$*  contenidas ocultamente en la sonata, cierto fue también que no resultó fácil extraer un parámetro descriptivo que indicara cuanto ayudaría a cada persona en concreto, pues las variables de aprendizaje diferían significativamente de un individuo a otro (Bravo y Lucero, 2009).

---

<sup>130</sup> Bravo, V. M. y Lucero, O. (2009: 2-63): *Analizan la “Sonata para dos pianos K 448” para valorar “El Efecto Mozart” que produce en los seres humanos.*

<sup>131</sup> MATLAB, Web (03,12,2017): La música a través de la acústica de los sonidos [abreviatura de *MATrix LABORatory*, “laboratorio de matrices”]. Recuperado de [http://www.fiuxy.com/programas\\_gratis/3979409-mega-mathworks-matlab-r2015a-software-matematico-con-entorno-integrado.html](http://www.fiuxy.com/programas_gratis/3979409-mega-mathworks-matlab-r2015a-software-matematico-con-entorno-integrado.html) [Confirmado el 11,06,2019].

De la misma manera, el nivel de estimulación hace referencia a los preceptos referidos al rango audible de experimentación del apartado I.5.3.5 que sitúa el margen de presión sonora entre 57,8 a 60 dB. Todo ligado a ambas parcelas del diseño experimental propuesto.

### **II.7.2 Relevancia de su utilización**

La relevancia de la utilización este diseño experimental reside básicamente en dos aspectos principales:

- 1) La estimulación musical desde su vertiente acústica está concebida para provocar una neuroestimulación específica y dirigida principalmente a potenciar un enriquecimiento del desarrollo precoz (Tomatis, 1991) de la “musculatura” a nivel de oído medio.

Así, se favorece que todos los demás componentes y localizaciones conectados e inervados que intervienen en el Sistema Nervioso puedan verse involucrados.

- 2) La estimulación musical se va a proporcionar teniendo en cuenta unos momentos críticos (Barrio Tarnawiecki, 2000) dentro del desarrollo auditivo fetal humano, donde cada uno de los cuales proporcionan distintos momentos de estimulación donde se presupone una excitación intensa sobre el desarrollo epigenético del propio individuo. Todo ello plantea una dirección nueva que se abre en el apartado II.8 y se aborda con más detalle en el apartado III.3.1 de este documento.

## II.8 Hacia una nueva dimensión de Neuroestimulación Auditiva

La base conceptual de una nueva dirección o dimensión de neuroestimulación auditiva se plantea a través de la estimulación musical a través de los momentos críticos que se apuntan a continuación. Véanse dichos momentos en la Tabla 11.

Tabla 11: Momentos críticos de la audición fetal humana

MOMENTOS CRÍTICOS EN LA MADURACIÓN DEL SISTEMA DE LA AUDICIÓN HUMANA FETAL			
SISTEMA AUDITIVO		PROCESOS CEREBRALES	
Receptores	3°-5° mes	Migración neuroblastos	4°-6° mes
Nervio auditivo	4°-5° mes	Agregación neuroblastos	5°-7° mes
Vía subcortical	5°-7° mes	Maduración neuronas	6° y postnatal
Corteza auditiva	8° y postnatal	Mielinización axonal	8° y postnatal

Fuente: Barrio Tarnawiecki, C. (2000:13)

Resulta evidente, que existe una relación directa entre la edad gestacional y la importancia de las deficiencias (Martínez Biarge, 2016). Esta circunstancia supondrá para el recién nacido prematuro enfrentarse a una maduración extrauterina que le provocará, en mayor o en menor medida, restricciones nutricionales y de aportación de oxígeno, y si no se remedia le condicionará en mayor o menor grado a una vida ligada a la discapacidad.

El origen de estos problemas se encuentra en la inmadurez de sus órganos, que al nacer todavía no se han desarrollado del todo. Tendrán que madurar fuera del útero de la madre.

La mayoría requiere respiración asistida, alimentación vía parenteral y toda una serie de intervenciones, hasta que su organismo pueda funcionar por sí solo, y todo ello sometido a un entorno ruidoso para el que no está preparado.

Sin embargo, si se estas alteraciones se detectaran entre los 6 meses (24 semanas = 24s) de gestación y los 2 años, como el cerebro del bebé es extraordinariamente plástico, se podrían estimular y corregir, ya que la estimulación cognitiva desde edades tempranas tiene un importante papel para evitar retrasos posteriores<sup>132</sup>.

A pesar de ello, la investigación suele ir siempre por detrás de la realidad social como la literatura científica consultada advierte en la mayoría de las ocasiones, estas situaciones se detectan con más nitidez a partir de los 5 años, cuando el niño ya va al colegio y se ha perdido un “tiempo precioso”.

---

<sup>132</sup> Medigraphic, Web (03,12,2017): *Utilidad clínica de la poligrafía en los neonatos*. Los niños prematuros muestran trazos electroencefalográficos discontinuos; esta particularidad está limitada a periodos de sueño quieto (este patrón es de alto voltaje, continuo, de 50 a 150 microvoltios; ocurre dentro del rango de frecuencias delta, que se encuentran distribuidas en forma difusa, se mezcla con escasa actividad de ondas tipo  $\theta$  y tipo  $\beta$  de baja amplitud), a las 36 semanas de gestación. Los brotes temporales theta aparecen entre las 27 y 32 semanas, alcanzan su máxima expresión entre la semana 32 y 34 y desaparecen entre la semana 40 y 44. Otros grafoelementos en los niños prematuros son ondas agudas transitorias de origen frontal; éstas muestran un pico máximo entre la semana 35 y 36 de la gestación, pero comúnmente son observadas hasta la semana 44 a 48. Esta variabilidad de los trazos se considera anormal después de las 34 semanas, que es la edad en que se logra diferenciar el sueño quieto (se trata de un patrón de bajo voltaje, irregular, de aproximadamente 15 a 30 microvoltios, con frecuencias mixtas dentro del rango de tipo  $\theta$  y tipo  $\beta$ , pero con una característica morfológica notable en las frecuencias tipo  $\alpha$  que se extiende a todas las regiones). Este sueño ocupa 50% del tiempo total en los recién nacidos de término. El sueño activo predomina en la semana 34 de la gestación, ya que aproximadamente éste corresponde al 60% del tiempo total del sueño; sin embargo, decrece en los niños a término y llega a tener una consideración de *persona adulta* de alrededor de un 25%. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2004/sp041h.pdf> [Confirmado el 12,07,2019].

En consecuencia, desde un punto de vista prospectivo, existe el planteamiento de correlacionar las selecciones musicales elegidas en el diseño experimental propuesto y los hitos del desarrollo auditivo fetal, que pasa necesariamente por estimular en los momentos críticos de evolución de la propia ontogénesis del sistema sensorial auditivo fetal humano, donde desencadenar a través de una neuroestimulación musical temprana aquellos factores susceptibles que hagan posible una correcta, indicada y conveniente expresión epigenética (sobre todo a partir de la 24s)<sup>133</sup>, como veremos con detalle en el apartado III.3.1 de este documento.

---

<sup>133</sup> A partir del 6º mes (24s de edad gestacional) empieza a desarrollarse la migración de neuroblastos y se inicia la maduración neuronal que ha de llevar a la conformación de la vía auditiva subcortical primero en torno al 7º mes (28s), y el inicio de la corteza auditiva posteriormente sobre el 8º mes (32s). Todos ellos conceptos abordados cronológicamente de forma sintética en el ANEXO IXc que proporciona un mapeo de la ontogénesis embrionaria a la que hay que dirigir las estimulaciones musicales *MUCANE*.



## CAPÍTULO III: DISEÑO, DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DEL MODELO EXPERIMENTAL SONORO Y/O MUSICAL PARA LABORATORIO CLÍNICO CON RATAS NEONATAS WISTAR

### INTRODUCCIÓN

Existe un antecedente metodológico digno de mención como base del modelo inicial de diseño experimental aquí presentado, con el que coincidimos en su planteamiento inicial<sup>134</sup>. Sin embargo, no compartimos la metodología que lleva a cabo, pues interesado únicamente en la noción de báscula “gating” de su dispositivo electrónico (oído electrónico)<sup>135</sup>, que basa su funcionamiento en el concepto de contraste perceptivo consigue un juego de alternancia entre dos canales sonoros (C1 y C2) que transmiten el mismo mensaje musical pero con timbres e intensidades diferentes, que a su vez permite, la movilización de los músculos auditivos provocando una mera *gimnasia auditiva*, pero basándose en una “*manipulación intencionada*” de las obras musicales del compositor (algunas obras de Mozart, Canto Gregoriano y vales vieneses, principalmente), filtra o modifica las frecuencias de las piezas musicales seleccionadas, con lo que el resultado final, dista mucho de considerarse desde el punto de vista de la estética artística como, *música*, pues con esas “*manipulaciones*”, la belleza artística de la pieza musical, se pierde. Además, dicha estimulación solo está indicada a partir de los 3 años postnatales.

---

<sup>134</sup> Consistente en la estimulación musical de tres zonas de frecuencias de trabajo y desarrollo óptimo auditivo a través de un dispositivo electrónico denominado *oído electrónico* avalado por el método Tomatis, donde se contempla una zona 1: de trabajo emocional o vestibular de 0 Hz a 1000 Hz, una zona 2: de trabajo lingüístico de 1000 Hz a 3000 Hz y una zona 3: de trabajo energético o cortical de 3000 Hz a 8000 Hz. Precisamente, esta propuesta metodológica si está de acuerdo con que el trabajo de estimulación musical se desarrolle en esta última zona, pero solo, como punto de partida.

<sup>135</sup> Gilmor, T. M. (1989:26): estudia y valora la génesis de la escucha del Método Tomatis.

### **III.1 De los borradores iniciales a la concreción definitiva del diseño**

La envergadura y solidez de este diseño experimental se materializa principalmente a partir de los borradores de los cronogramas iniciales expuestos en su desarrollo metodológico, que organizando un planteamiento temporal previo, finalmente han tenido la oportunidad de contextualizarse en unos periodos concretos de experimentación. Estos periodos se han derivado de los protocolos de funcionamiento clínico establecidos en el laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC.

Por tanto, por razones de operatividad y simplificación de los procesos que debían llevarse a cabo, y por supuesto, redefiniendo de nuevo los aspectos esenciales del diseño original, el conjunto de actuaciones previsto se ha visto sensiblemente reducido. Así, desde un planteamiento teórico inicial de aproximadamente 43 días para la realización de todas las pruebas sin incluir la parte final de inmunohistoquímica (una vez sacrificados los animales para su estudio histológico) se ha transitado hacia uno, igualmente válido, con menor coste temporal<sup>136</sup>, que salvaguarda la solidez inicial del anterior, y que resulta perfectamente asumible desde el punto de vista de su organigrama de actuaciones interno.

Estos cronogramas iniciales aparecen en el ANEXO Va (junto a ANEXO V0 con las FSA: Fichas de Seguimiento del Animal iniciales) de este documento, e igualmente plantean una base temporal aprovechable para futuras líneas de investigación que puedan desarrollarse con posterioridad a este estudio de

---

<sup>136</sup> Con una estimación temporal de 30 días para concluido todo, con 2 semanas de estimulación, otras 2 de realización de pruebas neuroconductuales y 1 más, para las pruebas histológicas básicas, siempre respetando el momento evolutivo adecuado de los animales para la realización de cada una de ellas.

tesis. El cronograma general del desarrollo metodológico inicial quedaba establecido para 40 sujetos en 3 grupos de estimulación por colores más grupo de control o estimulado con silencio (color amarillo) como ilustra la Figura 17.

Figura 17: Cronograma general inicial

**CRONOGRAMA GENERAL DE ESTIMULACIONES EN EL PROYECTO MUCANE**

CRONOGRAMA GENERAL: 4 GRUPOS DE ESTUDIO MEZCLADOS CON 5 CAMADAS (50 S - 40 RE): 30 D ESTIMULACIÓN - 43 D CRECIMIENTO																													
EXPERIMENTACIÓN CON MÚSICA A 440 HZ (1ª PARTE)														EXPERIMENTACIÓN CON MÚSICA A 432 HZ (2ª PARTE)														D 43-ESTUDIO HISTOLÓGICO	
SI - NO														SI - NO															
MES: ____ 2019		SEMANA Nº 1							SEMANA Nº 2							SEMANA Nº 3							SEMANA Nº 4						
GRUPOS / DÍAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
GS	3 Exp	S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X
		S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X
		S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X
GR	3 Exp	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X
		R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X
		R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X
GM	3 Exp	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X
		M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X
		M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X
GR-M	3 Exp	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X
		R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X
		R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X

SEMANA Nº 5														SEMANA Nº 6							SEMANA Nº 7
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43							
S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X	ESTUDIO HISTOLÓGICO							
S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X								
S	S	S	S	S	X	X	S	S	S	S	S	X	X								
R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X								
R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X								
R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X								
M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X								
M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X								
M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	X								
R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X								
R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X								
R	R	R	R	R	X	X	R	R	R	R	R	X	X								

Fuente: Elaboración propia (2019)

Figura 18: Leyendas nº 1 y nº 2a del Cronograma general inicial

LEYENDA Nº 1

GS = Grupo para exposición con Silencio  
GR = Grupo para exposición con Música  
GM = Grupo para exposición con Ruido  
GR-M = Grupo para exposición con Música-Ruido

LEYENDA Nº 2a

3 Exp = Tres exposiciones de 10 minutos (10') por día de cada  
40 RE = 40 sujetos de rata wistar para experimentación  
50 S = 50 sujetos de rata wistar disponibles (5 camadas / 10 sujetos)  
30 D = 30 días de experimentación con los sujetos  
43 D = 43 días de crecimiento en los sujetos  
D 43 = Comienzo del estudio histológico en los sujetos

Fuente: Elaboración propia (2019)

Seguidamente se presenta la leyenda multicolor de cada uno de los cuatro cronogramas específicos atendiendo a cada uno de los cuatro grupos de exposición planteados en el desarrollo metodológico que se ha establecido, así como la representación de cada uno de estos cronogramas individuales por grupo de estimulación con mezcla homogénea de dos sujetos por camada como muestran las Figuras 18 y 19; y Figura 20, Figura 21, Figura 22 y Figura 23, respectivamente.

Figura 19: Leyendas nº 3 y nº 4a del Cronograma general

LEYENDA Nº 3

CAMADA 1: C1S1, C1S2 C1S3, C1S4 C1S5, C1S6 C1S7, C1S8 y C1S9, C1S10 (2 SUPLENTE)  
CAMADA 2: C2S1, C2S2 C2S3, C2S4 C2S5, C2S6 C2S7, C2S8 y C2S9, C2S10 (2 SUPLENTE)  
CAMADA 3: C3S1, C3S2 C3S3, C3S4 C3S5, C3S6 C3S7, C3S8 y C3S9, C3S10 (2 SUPLENTE)  
CAMADA 4: C4S1, C4S2 C4S3, C4S4 C4S5, C4S6 C4S7, C4S8 y C4S9, C4S10 (2 SUPLENTE)  
CAMADA 5: C5S1, C5S2 C5S3, C5S4 C5S5, C5S6 C5S7, C5S8 y C5S9, C5S10 (2 SUPLENTE)

LEYENDA Nº 4a

3S: 3 ESTIMULACIONES CON 10' DE SILENCIO  
3R: 3 ESTIMULACIONES CON 10' DE RUIDO  
3M: 3 ESTIMULACIONES CON 10' DE MÚSICA  
3R-M: 3 ESTIMULACIONES CON 10' DE RUIDO-MÚSICA

Fuente: Elaboración propia (2019)



Figura 21: Cronograma Grupo con Ruido

2º CRONOGRAMA: 10 SUJETOS POR ESTIMULACIÓN (GRUPO RUIDO) - 2 SUJETOS (H-M) POR CADA CAMADA

GR	R - C1S3	21.00	21.05	21.10	21.15	21.20	21.25	21.30	21.35	21.40	21.45	21.50	21.55	22.00	22.05	22.10	22.15	22.20	22.25	22.30	22.35	22.40	22.45	22.50	22.55	23.00	23.05	23.10	23.15	23.20	23.25	23.30	23.35	23.40	23.45	23.50	23.55	24.00	24.05	24.10	24.15	24.20	24.25	24.30	24.35	24.40	24.45	24.50	24.55	25.00	25.05	25.10	25.15	25.20	25.25	25.30	25.35	25.40	25.45	25.50	25.55	26.00	26.05	26.10	26.15	26.20	26.25	26.30	26.35	26.40	26.45	26.50	26.55	27.00	27.05	27.10	27.15	27.20	27.25	27.30	27.35	27.40	27.45	27.50	27.55	28.00	28.05	28.10	28.15	28.20	28.25	28.30	28.35	28.40	28.45	28.50	28.55	29.00	29.05	29.10	29.15	29.20	29.25	29.30	29.35	29.40	29.45	29.50	29.55	30.00	30.05	30.10	30.15	30.20	30.25	30.30	30.35	30.40	30.45	30.50	30.55	31.00	31.05	31.10	31.15	31.20	31.25	31.30	31.35	31.40	31.45	31.50	31.55	32.00	32.05	32.10	32.15	32.20	32.25	32.30	32.35	32.40	32.45	32.50	32.55	33.00	33.05	33.10	33.15	33.20	33.25	33.30	33.35	33.40	33.45	33.50	33.55	34.00	34.05	34.10	34.15	34.20	34.25	34.30	34.35	34.40	34.45	34.50	34.55	35.00	35.05	35.10	35.15	35.20	35.25	35.30	35.35	35.40	35.45	35.50	35.55	36.00	36.05	36.10	36.15	36.20	36.25	36.30	36.35	36.40	36.45	36.50	36.55	37.00	37.05	37.10	37.15	37.20	37.25	37.30	37.35	37.40	37.45	37.50	37.55	38.00	38.05	38.10	38.15	38.20	38.25	38.30	38.35	38.40	38.45	38.50	38.55	39.00	39.05	39.10	39.15	39.20	39.25	39.30	39.35	39.40	39.45	39.50	39.55	40.00	40.05	40.10	40.15	40.20	40.25	40.30	40.35	40.40	40.45	40.50	40.55	41.00	41.05	41.10	41.15	41.20	41.25	41.30	41.35	41.40	41.45	41.50	41.55	42.00	42.05	42.10	42.15	42.20	42.25	42.30	42.35	42.40	42.45	42.50	42.55	43.00	43.05	43.10	43.15	43.20	43.25	43.30	43.35	43.40	43.45	43.50	43.55	44.00	44.05	44.10	44.15	44.20	44.25	44.30	44.35	44.40	44.45	44.50	44.55	45.00	45.05	45.10	45.15	45.20	45.25	45.30	45.35	45.40	45.45	45.50	45.55	46.00	46.05	46.10	46.15	46.20	46.25	46.30	46.35	46.40	46.45	46.50	46.55	47.00	47.05	47.10	47.15	47.20	47.25	47.30	47.35	47.40	47.45	47.50	47.55	48.00	48.05	48.10	48.15	48.20	48.25	48.30	48.35	48.40	48.45	48.50	48.55	49.00	49.05	49.10	49.15	49.20	49.25	49.30	49.35	49.40	49.45	49.50	49.55	50.00	50.05	50.10	50.15	50.20	50.25	50.30	50.35	50.40	50.45	50.50	50.55	51.00	51.05	51.10	51.15	51.20	51.25	51.30	51.35	51.40	51.45	51.50	51.55	52.00	52.05	52.10	52.15	52.20	52.25	52.30	52.35	52.40	52.45	52.50	52.55	53.00	53.05	53.10	53.15	53.20	53.25	53.30	53.35	53.40	53.45	53.50	53.55	54.00	54.05	54.10	54.15	54.20	54.25	54.30	54.35	54.40	54.45	54.50	54.55	55.00	55.05	55.10	55.15	55.20	55.25	55.30	55.35	55.40	55.45	55.50	55.55	56.00	56.05	56.10	56.15	56.20	56.25	56.30	56.35	56.40	56.45	56.50	56.55	57.00	57.05	57.10	57.15	57.20	57.25	57.30	57.35	57.40	57.45	57.50	57.55	58.00	58.05	58.10	58.15	58.20	58.25	58.30	58.35	58.40	58.45	58.50	58.55	59.00	59.05	59.10	59.15	59.20	59.25	59.30	59.35	59.40	59.45	59.50	59.55	60.00	60.05	60.10	60.15	60.20	60.25	60.30	60.35	60.40	60.45	60.50	60.55	61.00	61.05	61.10	61.15	61.20	61.25	61.30	61.35	61.40	61.45	61.50	61.55	62.00	62.05	62.10	62.15	62.20	62.25	62.30	62.35	62.40	62.45	62.50	62.55	63.00	63.05	63.10	63.15	63.20	63.25	63.30	63.35	63.40	63.45	63.50	63.55	64.00	64.05	64.10	64.15	64.20	64.25	64.30	64.35	64.40	64.45	64.50	64.55	65.00	65.05	65.10	65.15	65.20	65.25	65.30	65.35	65.40	65.45	65.50	65.55	66.00	66.05	66.10	66.15	66.20	66.25	66.30	66.35	66.40	66.45	66.50	66.55	67.00	67.05	67.10	67.15	67.20	67.25	67.30	67.35	67.40	67.45	67.50	67.55	68.00	68.05	68.10	68.15	68.20	68.25	68.30	68.35	68.40	68.45	68.50	68.55	69.00	69.05	69.10	69.15	69.20	69.25	69.30	69.35	69.40	69.45	69.50	69.55	70.00	70.05	70.10	70.15	70.20	70.25	70.30	70.35	70.40	70.45	70.50	70.55	71.00	71.05	71.10	71.15	71.20	71.25	71.30	71.35	71.40	71.45	71.50	71.55	72.00	72.05	72.10	72.15	72.20	72.25	72.30	72.35	72.40	72.45	72.50	72.55	73.00	73.05	73.10	73.15	73.20	73.25	73.30	73.35	73.40	73.45	73.50	73.55	74.00	74.05	74.10	74.15	74.20	74.25	74.30	74.35	74.40	74.45	74.50	74.55	75.00	75.05	75.10	75.15	75.20	75.25	75.30	75.35	75.40	75.45	75.50	75.55	76.00	76.05	76.10	76.15	76.20	76.25	76.30	76.35	76.40	76.45	76.50	76.55	77.00	77.05	77.10	77.15	77.20	77.25	77.30	77.35	77.40	77.45	77.50	77.55	78.00	78.05	78.10	78.15	78.20	78.25	78.30	78.35	78.40	78.45	78.50	78.55	79.00	79.05	79.10	79.15	79.20	79.25	79.30	79.35	79.40	79.45	79.50	79.55	80.00	80.05	80.10	80.15	80.20	80.25	80.30	80.35	80.40	80.45	80.50	80.55	81.00	81.05	81.10	81.15	81.20	81.25	81.30	81.35	81.40	81.45	81.50	81.55	82.00	82.05	82.10	82.15	82.20	82.25	82.30	82.35	82.40	82.45	82.50	82.55	83.00	83.05	83.10	83.15	83.20	83.25	83.30	83.35	83.40	83.45	83.50	83.55	84.00	84.05	84.10	84.15	84.20	84.25	84.30	84.35	84.40	84.45	84.50	84.55	85.00	85.05	85.10	85.15	85.20	85.25	85.30	85.35	85.40	85.45	85.50	85.55	86.00	86.05	86.10	86.15	86.20	86.25	86.30	86.35	86.40	86.45	86.50	86.55	87.00	87.05	87.10	87.15	87.20	87.25	87.30	87.35	87.40	87.45	87.50	87.55	88.00	88.05	88.10	88.15	88.20	88.25	88.30	88.35	88.40	88.45	88.50	88.55	89.00	89.05	89.10	89.15	89.20	89.25	89.30	89.35	89.40	89.45	89.50	89.55	90.00	90.05	90.10	90.15	90.20	90.25	90.30	90.35	90.40	90.45	90.50	90.55	91.00	91.05	91.10	91.15	91.20	91.25	91.30	91.35	91.40	91.45	91.50	91.55	92.00	92.05	92.10	92.15	92.20	92.25	92.30	92.35	92.40	92.45	92.50	92.55	93.00	93.05	93.10	93.15	93.20	93.25	93.30	93.35	93.40	93.45	93.50	93.55	94.00	94.05	94.10	94.15	94.20	94.25	94.30	94.35	94.40	94.45	94.50	94.55	95.00	95.05	95.10	95.15	95.20	95.25	95.30	95.35	95.40	95.45	95.50	95.55	96.00	96.05	96.10	96.15	96.20	96.25	96.30	96.35	96.40	96.45	96.50	96.55	97.00	97.05	97.10	97.15	97.20	97.25	97.30	97.35	97.40	97.45	97.50	97.55	98.00	98.05	98.10	98.15	98.20	98.25	98.30	98.35	98.40	98.45	98.50	98.55	99.00	99.05	99.10	99.15	99.20	99.25	99.30	99.35	99.40	99.45	99.50	99.55	100.00	100.05	100.10	100.15	100.20	100.25	100.30	100.35	100.40	100.45	100.50	100.55	101.00	101.05	101.10	101.15	101.20	101.25	101.30	101.35	101.40	101.45	101.50	101.55	102.00	102.05	102.10	102.15	102.20	102.25	102.30	102.35	102.40	102.45	102.50	102.55	103.00	103.05	103.10	103.15	103.20	103.25	103.30	103.35	103.40	103.45	103.50	103.55	104.00	104.05	104.10	104.15	104.20	104.25	104.30	104.35	104.40	104.45	104.50	104.55	105.00	105.05	105.10	105.15	105.20	105.25	105.30	105.35	105.40	105.45	105.50	105.55	106.00	106.05	106.10	106.15	106.20	106.25	106.30	106.35	106.40	106.45	106.50	106.55	107.00	107.05	107.10	107.15	107.20	107.25	107.30	107.35	107.40	107.45	107.50	107.55	108.00	108.05	108.10	108.15	108.20	108.25	108.30	108.35	108.40	108.45	108.50	108.55	109.00	109.05	109.10	109.15	109.20	109.25	109.30	109.35	109.40	109.45	109.50	109.55	110.00	110.05	110.10	110.15	110.20	110.25	110.30	110.35	110.40	110.45	110.50	110.55	111.00	111.05	111.10	111.15	111.20	111.25	111.30	111.35	111.40	111.45	111.50	111.55	112.00	112.05	112.10	112.15	112.20	112.25	112.30	112.35	112.40	112.45	112.50	112.55	113.00	113.05	113.10	113.15	113.20	113.25	113.30	113.35	113.40	113.45	113.50	113.55	114.00	114.05	114.10	114.15	114.20	114.25	114.30	114.35	114.40	114.45	114.50	114.55	115.00	115.05	115.10	115.15	115.20	115.25	115.30	115.35	115.40	115.45	115.50	115.55	116.00	116.05	116.10	116.15	116.20	116.25	116.30	116.35	116.40	116.45	116.50	116.55	117.00	117.05	117.10	117.15	117.20	117.25	117.30	117.35	117.40	117.45	117.50	117.55	118.00	118.05	118.10	118.15	118.20	118.25	118.30	118.35	118.40	118.45	118.50	118.55	119.00	119.05	119.10	119.15	119.20	119.25	119.30	119.35	119.40	119.45	119.50
----	----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Figura 22: Cronograma Grupo con Música

3º CRONOGRAMA: 10 SUJETOS POR ESTIMULACIÓN (GRUPO MÚSICA) - 2 SUJETOS (H-M) POR CADA CAMADA

GM	M - C1S5	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C1S6	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C2S5	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C2S6	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C3S5	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C3S6	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C4S5	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C4S6	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C5S5	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M - C5S6	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X

3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X

Fuente: Elaboración propia (2019)

Figura 23: Cronograma Grupo con Ruido-Música

4º CRONOGRAMA: 10 SUJETOS POR ESTIMULACIÓN (GRUPO RUIDO- MÚSICA) - 2 SUJETOS (H-M) POR CADA CAMADA

GR-M	M-R - C1S7	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C1S8	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C2S7	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C2S8	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C3S7	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C3S8	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C4S7	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C4S8	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C5S7	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
	M-R - C5S8	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X

3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X
3	3	3	3	3	X	X	3	3	3	3	3	X	X

Fuente: Elaboración propia (2019)



De la misma manera se presentan los dos cronogramas definitivos finalmente validados que han servido para cerrar la estructura temporal de este diseño experimental. Estos cronogramas se muestran en la Figura 24 y Figura 25 con las sesiones de 2 horas de estimulación con ruido y música realizadas respectivamente. Así, para la camada 2, cuyo nacimiento se produjo en las primeras horas del día 07/01/2020, los sujetos han sido estimulados de forma sonora de n1 a n5 (de día postnatal nº 1 al nº5). Del mismo modo para la camada 3, cuyo nacimiento se produjo en las últimas horas del día 12/01/2020 y donde se estimula igualmente al grupo de sujetos correspondiente de forma musical de n1 a n5. Estos cronogramas aparecen en el ANEXO Vb de este documento, así como los cortes audiovisuales de las pruebas realizadas a través del ANEXO VIIb, ANEXO VIIc y ANEXO VIId, respectivamente.

Figura 24: Cronograma general definitivo

**CRONOGRAMA GENERAL DEFINITIVO DE ESTIMULACIONES EN EL PROYECTO MUCANE**

MESES: Enero Año 2020		SEMANA Nº 1							SEMANA Nº 2						
GRUPOS / DIAS		L	7	8	9	10	11	D	13	14	15	16	17	S	D
GR	1 Exp 2h	X	R	R	R	R	R	X							
MU	1 Exp 2h								M	M	M	M	M	X	X

**LEYENDA Nº 1: ESTIMULACIONES SONORAS Y MUSICALES**

GS = Grupo control de abril 2019 (Camada 1 - 7 sujetos)

GR = Grupo para exposición con Ruido (Camada 2 - 13 sujetos)

GM = Grupo para exposición con M440 (Camada 3 - 9 sujetos)

1 Exp = 1 exposición de 2 horas (2h) cada día

29 RE = 29 sujetos de rata Wistar para experimentación

2C = 20 sujetos (2 Camadas / 20 sujetos)

Días de 14 a 28 febrero = Estudio histológico en los sujetos

Fuente: Elaboración propia (2020)

Figura 25: Cronograma definitivo de pruebas neuroconductuales

**CRONOGRAMA ESPECÍFICO DE PRUEBAS NEUROCONDUCTUALES (OPEN FIELD - FORCED SWIMMING)**

MESES: Enero / Febrero Año 2020	SEMANA Nº 4							SEMANA Nº 1							
	Enero							Febrero							
	GRUPOS / DIAS	L	28	29	30	V	S	D	3	4	5	J	V	S	D
CAMADA 2 GR	X	OPEN FIELD	- P- FORCED SWIMMING	FORCED SWIMMING		X	X	X							
CAMADA 3 GM								OPEN FIELD	- P- FORCED SWIMMING	FORCED SWIMMING	X	X	X	X	

**LEYENDA Nº 2: PRUEBAS NEUROCONDUCTUALES**

- GS = Grupo control de abril 2019 (Camada 1 - 7 sujetos)
- GR = Grupo para exposición con Ruido (Camada 2 - 13 sujetos)
- GM = Grupo para exposición con M440 (Camada 3 - 9 sujetos)
- OPEN FIELD = Prueba de campo abierto
- P- = Preparación a FORCED SWIMMING
- FORCED SWIMMING = Prueba de natación forzada
- Temporalización = 3 días por camada
- D 14 a 28 febrero = Estudio histológico en los sujetos

Fuente: Elaboración propia (2020)

Desde la previsión del diseño y planificación del modelo <sup>137</sup>, estos cronogramas se han constituido como los elementos principales desde un punto de vista operativo. Sus diseños provisionales han sido esenciales para aproximar y transitar de la teoría a la práctica, y más aún, siendo concedores del esfuerzo añadido que habría que realizar al comienzo de su implementación para adaptar y coordinar los tiempos y ritmos personales con los propios del laboratorio del hospital en el que tenían que llevarse a cabo.

<sup>137</sup> OEI, Web (03,12,2017): *Divulgación científica. Sobre los modelos científicos.* <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Sobre-modelos-cientificos>. [Confirmado el 11,11,2019].

A pesar de esta previsión y anticipación previas, éramos conscientes de la exigencia y elevado ritmo de trabajo a los que llevarían éstos.

Afortunadamente, estos planteamientos iniciales han dado su fruto en la práctica. Sin embargo, no han sido los únicos. En realidad, todos y cada uno de los elementos y procesos utilizados en la configuración de este modelo han seguido un procedimiento de retroalimentación constante, incluso con diseño provisional del boceto, estudio de aparatos y materiales, desarrollo teórico, reflexión y toma de decisiones para la construcción en su caso, y finalmente, prueba de calidad para comprobar su rendimiento. Todo ello para asegurar una adecuada y correcta evolución de los diferentes elementos y su funcionamiento óptimo en la práctica.

Otro aspecto sobresaliente para la configuración del diseño de este modelo experimental ha sido la acometida inicial respecto del límite ético establecido.

Para ello se ha comenzado con una batería de audios preparados inicialmente a 10 minutos (tiempo de estimulación inicial) con una representación muy completa de la música y ruidos utilizados, así como una combinación equilibrada de ambos. Finalmente, vuelven a prepararse los audios, esta vez a 2h (tiempo de estimulación final). Apréciase, tanto los valores de presión sonora del sonómetro tipo 1 acreditado, como los valores de intensidad que se reflejan a través del número del display del reproductor utilizado para la experimentación. De esta forma, se asegura el cumplimiento del límite ético. Puede visualizarse en ANEXO VI 8) a través del documento interno inicial 8.2.1 (Línea 1 a 440 Hz) y documento interno final 8.2.2 (Línea 1 a 440 Hz) respectivamente. Véanse la Tabla 12 y la Tabla 13.

Tabla 12: Tabla inicial sobre el límite ético establecido

**REGISTRO DEL LÍMITE ÉTICO DEL PROYECTO MUCANE**

MEDIDAS REGISTRO EN LINEA Nº 1 <b>440 Hz</b>		VALORES DEL SONOMETRO CLASE 1 MODELO 01Db SOLO NÚMERO DE SERIE10591		NÚMERO DEL DISPLAY DEL REPRODUCTOR SHANLING M 0
AUDIO		EN TEORÍA	REAL	
1	R1	57,8 dB A	57,9 dB A	45
2	R2	57,8 dB A	58,0 dB A	41
3	R3	57,8 dB A	57,7 dB A	57
4	R4	57,8 dB A	57,6 dB A	40
5	R5	57,8 dB A	57,8 dB A	36
6	R6	57,8 dB A	58,0 dB A	39
7	M1 432	57,8 dB A	57,8 dB A	16
8	M2 432	57,8 dB A	58,0 dB A	16
9	M3 432	57,8 dB A	57,8 dB A	15
10	M4 432	57,8 dB A	58,0 dB A	11
11	M5 432	57,8 dB A	58,1 dB A	14
12	M6 432	57,8 dB A	57,8 dB A	17
13	R1M1- 432	57,8 dB A	58,2 dB A	16
14	R1M2- 432	57,8 dB A	58,4 dB A	16
15	R1M3- 432	57,8 dB A	58,5 dB A	15
16	R1M4- 432	57,8 dB A	58,6 dB A	11
17	R1M5- 432	57,8 dB A	58,7 dB A	14
18	R1M6- 432	57,8 dB A	58,8 dB A	17
19	R2M1- 432	57,8 dB A	58,2 dB A	16
20	R2M2- 432	57,8 dB A	58,4 dB A	16
21	R2M3- 432	57,8 dB A	58,5 dB A	15
22	R2M4- 432	57,8 dB A	58,6 dB A	11
23	R2M5- 432	57,8 dB A	58,7 dB A	14
24	R2M6- 432	57,8 dB A	58,8 dB A	17
25	R3M1- 432	57,8 dB A	58,2 dB A	16
26	R3M2- 432	57,8 dB A	58,4 dB A	16
27	R3M3- 432	57,8 dB A	58,5 dB A	15
28	R3M4- 432	57,8 dB A	58,6 dB A	11
29	R3M5- 432	57,8 dB A	58,7 dB A	14
30	R3M6- 432	57,8 dB A	58,8 dB A	17
31	R4M1- 432	57,8 dB A	58,2 dB A	16
32	R4M2- 432	57,8 dB A	58,4 dB A	16
33	R4M3- 432	57,8 dB A	58,5 dB A	15
34	R4M4- 432	57,8 dB A	58,6 dB A	11
35	R4M5- 432	57,8 dB A	58,7 dB A	14
36	R4M6- 432	57,8 dB A	58,8 dB A	17
37	R5M1- 432	57,8 dB A	58,2 dB A	16
38	R5M2- 432	57,8 dB A	58,4 dB A	16
39	R5M3- 432	57,8 dB A	58,5 dB A	15
40	R5M4- 432	57,8 dB A	58,6 dB A	11
41	R5M5- 432	57,8 dB A	58,7 dB A	14
42	R5M6- 432	57,8 dB A	58,8 dB A	17
43	R6M1- 432	57,8 dB A	58,2 dB A	16
44	R6M2- 432	57,8 dB A	58,4 dB A	16
45	R6M3- 432	57,8 dB A	58,5 dB A	15
46	R6M4- 432	57,8 dB A	58,6 dB A	11
47	R6M5- 432	57,8 dB A	58,7 dB A	14
48	R6M6- 432	57,8 dB A	58,8 dB A	17

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla 13: Tabla final sobre el límite ético establecido

**REGISTRO DEL LÍMITE ÉTICO DEL PROYECTO MUCANE - LÍNEA Nº 1**

MEDIDAS REGISTRO EN LÍNEA Nº 1 <b>440 Hz</b>		VALORES DEL SONÓMETRO CLASE 1 MODELO 01Db SOLO NÚMERO DE SERIE10591		NÚMERO DEL DISPLAY DEL REPRODUCTOR SHANLING M 0
AUDIO		EN TEORÍA	REAL	
1	S	00,0 dB A	00,0 /	SR*
2	S	00,0 dB A	00,0 /	SR*
3	S	00,0 dB A	00,0 /	SR*
4	S	00,0 dB A	00,0 /	SR*
5	S	00,0 dB A	00,0 /	SR*
6	S	00,0 dB A	00,0 /	SR*
7	R1	57,8 dB A	57,9 /	45
8	R2	57,8 dB A	58,0 /	41
9	R3	57,8 dB A	57,7 /	57
10	R4	57,8 dB A	57,6 /	40
11	R5	57,8 dB A	57,8 /	36
12	R6	57,8 dB A	58,0 /	39
13	M1 440	57,8 dB A	57,8 /	16
14	M2 440	57,8 dB A	58,0 /	16
15	M3 440	57,8 dB A	57,8 /	15
16	M4 440	57,8 dB A	58,0 /	11
17	M5 440	57,8 dB A	58,1 /	14
18	M6 440	57,8 dB A	57,8 /	17

\*SR = Sin Reproducción con SHANLING M 0

Fuente: Elaboración propia (2020)

### III.2 Características genéricas del modelo experimental

Hemos recurrido al modelo científico (Oh y Oh, 2011) para caracterizar los principales aspectos que necesitaba nuestro propio modelo experimental de forma que respetara los principios básicos en los que debía inspirarse:

- 1) Tenía que haber un *propósito* que permitiera describir y explicar, e incluso predecir, un fenómeno con ideas científicas. Este modelo lo propone a través del binomio ruido-música la legitimación de la música y sus diferentes implicaciones en la salud y formación de los niños.
- 2) Tenía que tener *significación*, ofrecer un puente que conectara la teoría científica con dicho fenómeno, ayudando al desarrollo teórico y poniéndolo en relación con el mundo natural. Este modelo busca en la realidad inquietante de la prematuridad y persigue la mejora de la calidad de vida de los neonatos pretérmino.
- 3) Tenía que tener *funcionalidad* que nos permitiera un ejercicio de simular y aplicar fuera del propio modelo. Este modelo, a través de la jaula de experimentación, proyecta un servicio de mejora en las actuales maquinas incubadoras neonatales.
- 4) Tenía que ofrecer *multiplicidad*, ofreciendo diferentes ideas sobre el mismo objetivo. Este modelo no solo busca legitimar la música, también plantea alternativas, la utiliza desde perspectivas diversas intentando fortalecer su proyección a través de la educación musical en las aulas escolares, pasando por su utilización clínica, incluso masiva, por medio de enfoque actual e innovador de musicoterapia pasiva, y, por supuesto, ofrece otras miradas para combatir o atenuar la contaminación acústica en las salas de neonatos.

Por otro lado, también tiene sus limitaciones, pues se refiere a un aspecto específico del problema, y aplica quizás, alternativas con un grado de precisión limitado. Además, necesita del complemento de otros modelos para proporcionar una explicación más completa sobre la realidad estudiada y objetivo perseguido (Gutiérrez, 2014). En conclusión, este modelo aquí presentado ha de probarse no solo conceptualmente, sino también empíricamente. Somos conscientes de que necesitará réplicas clínicas más abundantes. Lo conseguido puede ser un paso importante, pues ofrece expectativas esperanzadoras. Sin embargo, el proceso de desarrollo del conocimiento científico suele ser más lento que la realidad a la que sirve.

Ha habido tres elementos o procesos que nos han interesado particularmente pues condicionaban el desarrollo y evolución de todo este diseño experimental:

- 1) El diseño y elaboración de cronogramas tenía que estar bien definido, ajustarse y ser viable para llevar a cabo la experimentación en contexto real, anticipando y organizando sus intensos ritmos de trabajo. Ya se ha dado cuenta de ellos en el apartado III.1 anterior.
- 2) El cumplimiento riguroso del límite ético establecido en el margen de 57,8 a 60 dB como medida principal desprendida de las mediciones llevadas a cabo en la UCIN para llevar a cabo la experimentación planteada en el laboratorio clínico. Abordado en el apartado I.5.3.1. del Capítulo I y relacionado con el apartado III.1 anterior.



- 3) El diseño y montaje de la mesa de experimentación donde confluyan todos los elementos y aparatos integrantes de la misma asegurando un rendimiento y calidad de audio óptimos, donde se pudieran incorporar instrumentos precisos de reproducción digital para respetar dicho límite ético. Estos aspectos se abordan en el apartado III.3.4 de este mismo capítulo.

En consecuencia, la finalidad de todos y cada uno de los borradores o diseños provisionales ha sido la de perseguir la mejor configuración de modelo posible para garantizar un rendimiento y funcionamiento óptimos.

### **III.3 Planteamiento y realización de las pruebas**

En primer lugar, en referencia a los planteamientos iniciales de cara a la realización de las pruebas, las estimulaciones auditivas sensoriales que se proponen entendemos que van a repercutir de manera directa en el tejido nervioso del sujeto en experimentación, desde una doble perspectiva. Por un lado, van a incidir en la comunicación nerviosa, que depende de la capacidad de las células nerviosas para recibir estímulos (excitabilidad), y por otro, incidirán en la transmisión de la excitabilidad resultante desde un punto hasta otro (conductividad). En consecuencia, dichas estimulaciones van a ejercer toda su influencia en los procesos intrínsecos que relacionan los contextos interno y externo en el animal, responsables, por otro lado, de un buen análisis e integración sensoriales para producir respuestas coordinadas y coherentes en el medio.



Como el biomodelo de experimentación utilizado en este diseño experimental utiliza camadas de ratas Wistar nos interesan las pruebas que evalúen las respuestas no aprendidas, es decir, las de respuesta incondicionada, que reflejarán inicialmente el nivel de ansiedad del organismo del animal. Véase Tabla 14.

Este factor será decisivo sin duda para todos y cada uno de los sujetos, pues afectará significativamente su comportamiento en las respuestas motrices y/o locomotoras, donde por supuesto, el aprendizaje y la memoria se verán condicionados posteriormente.

Tabla 14: Pruebas para medir la ansiedad en roedores

**Tabla 1**  
**Compendio de pruebas de mayor uso utilizadas para evaluar ansiedad.**

MODELOS DE RESPUESTA INCONDICIONADA	MODELOS DE RESPUESTA CONDICIONADA
Campo abierto	Respuesta emocional condicionada
Tabla de agujeros	Supresión condicionada
Caja de dos compartimentos blanco-negro	Evitación pasiva/activa
Laberinto elevado en cruz	Prueba de cuatro platos
Interacción social	Test de conflicto de Geller-Seifter y el de Vogel
Supresión de la ingesta inducida por la novedad	Condicionamiento de vocalizaciones ultrasónicas
Contraste negativo	Estimulación eléctrica cerebral
Conducta defensiva de enterramiento	Modelo de Thiébot de retirada de la señal de seguridad
Holeboard	Efecto del reforzamiento parcial sobre la extinción
	Potenciación de la respuesta de sobresalto

Fuente: Polanco, L. A. et al. (2011:146)

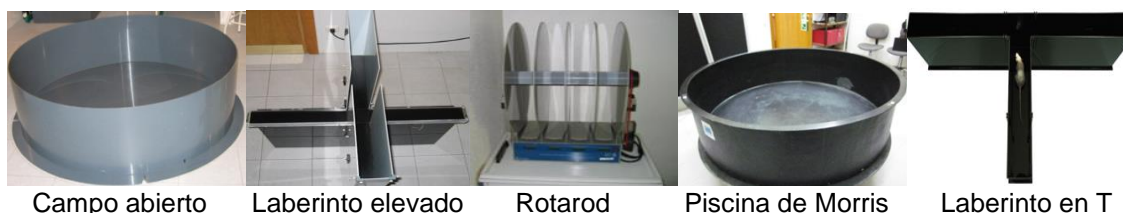
Así, este biomodelo de respuesta incondicionada para evaluar la ansiedad, y derivada de ella, la respuesta motriz y/o locomotora, y en un supuesto posterior, el aprendizaje y la memoria en el animal, se concreta y explicita en las cuatro referencias. 1ª referencia y 2ª referencia (básicas para nuestro estudio) por un lado, y 3ª referencia y 4ª referencia (opcionales para nuestro estudio) por otro, que han de medirse y apuntarse en las Fichas de Seguimiento del Animal (FSA) que se han establecido. Pueden consultarse las FSA iniciales en ANEXO V0 de este documento.

Para evaluar<sup>138</sup> las pruebas neuroconductuales referidas a cada una de estas variables se utilizan una serie de instrumentos elegidos por su idoneidad (Campo Abierto -OF, en inglés-, Laberinto elevado en cruz -EPM, en inglés-, Rotarod, test Acuático de Morris y Laberinto en T)<sup>139</sup> que se desarrollarán bajo las condiciones estándar homologadas de temperatura, iluminación y alimentación (sin falta de agua y alimento) previstas para su preparación en el estabulario de ratas del HCSC.

---

<sup>138</sup> Andrea Polanco, L.et al. (2011: 141-148): realizan una revisión completa desde las tres pruebas más utilizadas para medir la ansiedad en roedores.

<sup>139</sup> Algunos modelos de estos instrumentos pueden visionarse en INPA, Web (22,01,2018): Aparatos de evaluación en roedores. Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. Recuperado de web <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/balanzas/balanzas-animales.htm>[Confirmado el 15,03,2018].



Campo abierto

Laberinto elevado

Rotarod

Piscina de Morris

Laberinto en T

En cuanto a la 1ª referencia; la medición de la ansiedad respecto del sistema nervioso autónomo del animal, se estimará en el OF, a través de los momentos de defecación o micción<sup>140-141</sup> (número de veces), así como la observación de sus localizaciones (centrales-paredes), cruces centrales (número de veces), agazapamiento o inmersión de la cabeza (si-no) y postura erguida o exploratoria (si-no) que presenta el sujeto en cuestión, mientras se desenvuelve por este instrumento de evaluación<sup>142</sup>.

Así mismo, la medición de la ansiedad podrá estimarse también en el EPM, permitiendo valorar su conducta de ansiedad en el laberinto a través de su comportamiento en los brazos abiertos, es decir, los que están desprotegidos ante una caída desde la plataforma al suelo, y en los brazos cerrados, que resguardan al animal ante el peligro percibido. La evitación<sup>143</sup> de los brazos abiertos constituye un índice de ansiedad del animal. Podrá incorporarse en este segundo instrumento de referencia para la medición de la ansiedad, otros elementos adicionales del comportamiento como el olfateo (ausencia-regularidad), la exploración visual (si-no) e interacción o manipulación de la comida o reforzador (si-no), el comportamiento autónomo (si-no) e iniciativa y solvencia en ese entorno inmediato (si-no), entre otros aspectos a considerar<sup>144</sup>.

---

<sup>140</sup> Hall, C.S. (1934a: 385-403): estudia el comportamiento emocional de la rata a través de la defecación y micción.

<sup>141</sup> Hall, C.S. (1934b: 89-108): replica sobre los factores asociados a la impulsividad y emotividad de la rata como ajustes de su comportamiento.

<sup>142</sup> Becerra-García, A. M. et al. (2007:75-81): analizan el valor adaptativo frente al miedo y la ansiedad del comportamiento de cepas de ratas Wistar, analizando las desadaptaciones producidas.

<sup>143</sup> Blanco, E. et al. (2009: 338-342): estudian la ansiedad a través del efecto de las lesiones de la corteza prefrontal medial en el comportamiento restringido y no restringido de ratas.

<sup>144</sup> Carobrez, A.P. y Bertoglio, L.J. (2005: 1193-1205): analizan el comportamiento de la ansiedad de forma exhaustiva con este instrumento de medición.

Como las primeras conductas mostradas por el animal serán de naturaleza espacio-temporal, y además, utilizadas como medida de actividad general para su aprendizaje y memoria en su contexto inmediato, el comportamiento motriz se evidenciará en las localizaciones espaciales de las diferentes pruebas; por ejemplo, el número de entradas en los brazos abiertos del EPM, con menor exploración en estos brazos debido al conflicto de permanecer en zonas más protegidas aunque con pocos estímulos a ser investigadas (brazo cerrado), que explorar en los brazos con más cantidad de estímulos pero potencialmente amenazadores (brazos abiertos) serán sólidos referentes<sup>145</sup>.

En consecuencia, reiteramos de nuevo la relevancia de los actos mencionados anteriormente, como sumergir la cabeza, autoaseo, postura erguida, ubicaciones dependientes del contacto con las paredes del laberinto, ya que estas posturas llevarán a diferenciar los “protegidos” con alta frecuencia en el contacto con la pared de los brazos cerrados o de la plataforma central y los “no protegidos”, sin contacto con la pared, es decir, experimentando en brazos abiertos con un mayor comportamiento exploratorio, incidiendo de nuevo en, que se incluirán elementos adicionales como el olfateo, posicionamiento erguido e inspección con espalda plana en el contexto, entre otras consideraciones<sup>146-147</sup>.

---

<sup>145</sup> Ramos, A. (2008: 493-498): reflexiona sobre la necesidad de plantear diferentes pruebas en los modelos de animales para evaluar la ansiedad.

<sup>146</sup> Rodgers, R.J. et. al. (1997a: 289-304): analizan una perspectiva etológica de los modelos de ansiedad.

<sup>147</sup> Rodgers, R.J. y Dalvi, A. (1997b: 801-810): reflexionan sobre ansiedad, defensa y laberinto elevado.

En consecuencia, utilizaremos con todas las garantías este instrumento pues su validación está suficientemente documentada en diferentes especies de roedores, incluidas las ratas Wistar<sup>148</sup>.

En cuanto a la 2ª referencia, la medición de la respuesta motriz general propiamente dicha respecto del sistema nervioso autónomo del animal, se estimará en el OF, teniendo en cuenta igualmente las ubicaciones espaciales (centrales o paredes), los propios movimientos reproducidos a través de las distancias recorridas (mucha distancia-poca distancia), deambulación (si-no), levantamiento sobre patas traseras (número de veces), olfateo (número de veces), tiempos de o sin movimiento (segundos en movimiento - segundos inmóvil), así como la coordinación (si-no), equilibrio (si-no) y velocidad (baja-alta) de los movimientos reproducidos por el sujeto en cuestión en dicha prueba<sup>149</sup>. De forma adicional, podrá valorarse la medición de la condición física y una respuesta motriz más específica a través del Rotarod, aparato consistente en una barra conectada a un motor giratorio que puede girar de manera constante o acelerada permitiendo valorar la conducta locomotriz. Su uso permite observar las habilidades de coordinación motora (equilibrio, dinamismo, control).

El tiempo de permanencia sobre el cilindro en diferentes velocidades, constituye una medida de su coordinación, condición física y planificación

---

<sup>148</sup> Pellow, S. *et al.* (1985: 149-167): estudian en diferentes cepas de ratas, el número de entradas en los brazos abierto y cerrado del laberinto elevado en cruz, como un indicador de evaluación que suponga una medida válida y eficaz para medir la ansiedad en el animal y la consecuente orientación espacial que se deriva de ella.

<sup>149</sup> Prut, L. y Belzung, C. (2003:3-33): reflexionan sobre el campo abierto como paradigma de medida.

motora<sup>150</sup>. Se valorará como máximo referente, el tiempo de coordinación sostenida en el aparato (tiempo en segundos).

En cuanto a la 3ª y 4ª referencias las obviamos, pues inicialmente fueron consideradas opcionales y finalmente han sido descartadas en este estudio de tesis.

Por último, la estimación inicial de las mediciones referentes a la evaluación histológica estimaba valorarse en cada una de las localizaciones propuestas (hipocampo, cuerpo estriado, córtex dorsal anterior cingulado y córtex ventral anterior cingulado) para evaluar la incidencia de las estimulaciones recibidas en los tejidos nerviosos que claramente se han visto comprometidos. Del mismo modo, se dejará registro en la ficha de seguimiento de cada sujeto participante, así como en la matriz estadística, preparados al efecto.

La primera localización cerebral en la que se propone poner el foco de estudio es el hipocampo, pues se trata de un pequeño órgano, de forma curvada y alargada, que se ubica en la parte interior del lóbulo temporal y va desde el hipotálamo hasta la amígdala. Por lo tanto, cada encéfalo tiene dos hipocampos, uno en cada hemisferio del cerebro. Su función principal es la de mediar en la generación y la recuperación de recuerdos en conjunto con muchas áreas repartidas por la corteza y con otras áreas del sistema límbico, con lo que tiene un papel muy importante en la consolidación de los aprendizajes realizados.

---

<sup>150</sup> Méndez, M. et al. (2007:75-81): estudian alteraciones de la memoria espacial en tres modelos de encefalopatía hepática para valorar el comportamiento del cerebro de la rata a través del Rotarod.

La segunda localización cerebral en la que se propone poner el foco de estudio es el cuerpo estriado, pues se trata de un conjunto de estructuras localizadas a nivel subcortical, que a su vez forma, parte de los ganglios basales implicados en la regulación de los movimientos intencionales y de los automáticos, así como en el aprendizaje procedimental, en el refuerzo y en la planificación.

La tercera y cuarta localizaciones cerebrales en la que se propone poner el foco de estudio es el córtex del cíngulo anterior (CCA) o circunvolución del cíngulo anterior (donde estarán involucrados concretamente el córtex dorsal anterior cingulado y córtex ventral anterior cingulado), pues es la parte frontal de la circunvolución del cíngulo, que parece un "collar" formado alrededor del cuerpo calloso (mazo fibroso que transmite las señales neuronales entre los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo) y que juega un rol en una gama amplia de funciones autónomas, tales como regular la presión sanguínea y el ritmo cardíaco, como también para ciertas funciones cognitivas racionales, tales como la inhibición verbal, la anticipación al premio, toma de decisiones, la empatía y las emociones.

La corteza cingulada anterior, y en concreto, el giro cingulado anterior, forma parte de una red atencional ejecutiva<sup>151</sup>, cuyo principal papel es el de regular el procesamiento de la información de otras redes, tanto en modalidades sensoriales como emocionales<sup>152</sup>.

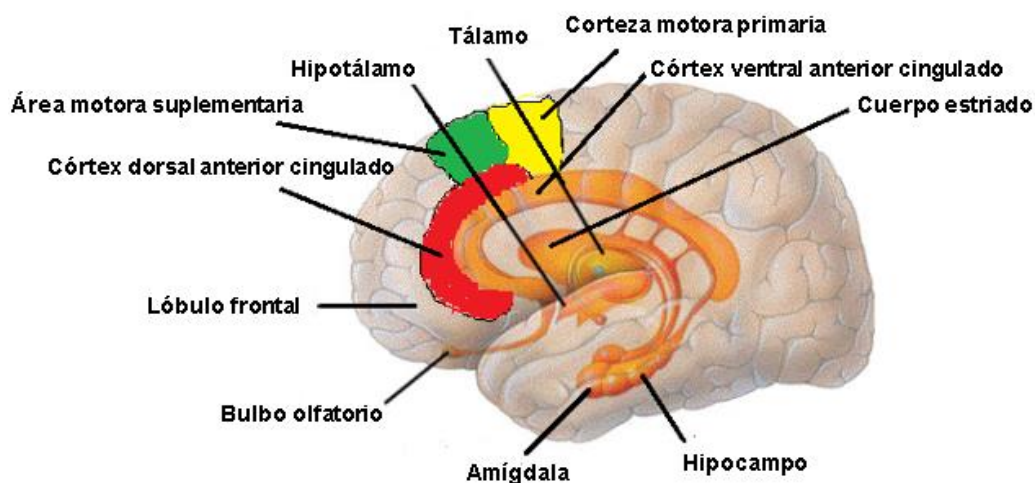
---

<sup>151</sup> Posner, M.I. y Rothbart, M.K (2007:1–23): investigan sobre las redes de atención como modelo para la integración de la ciencia psicológica.

<sup>152</sup> Ochsner, K.N. y Gross, J.J. (2005:242–249): estudian el control cognitivo de la emoción.

Véase para concluir, la Figura 26 para ubicar las localizaciones nucleares del cerebro anteriormente apuntadas.

Figura 26: Áreas anatómicas nucleares del cerebro



Fuente: Modificación y adaptación propia de KOOTATION (2018)

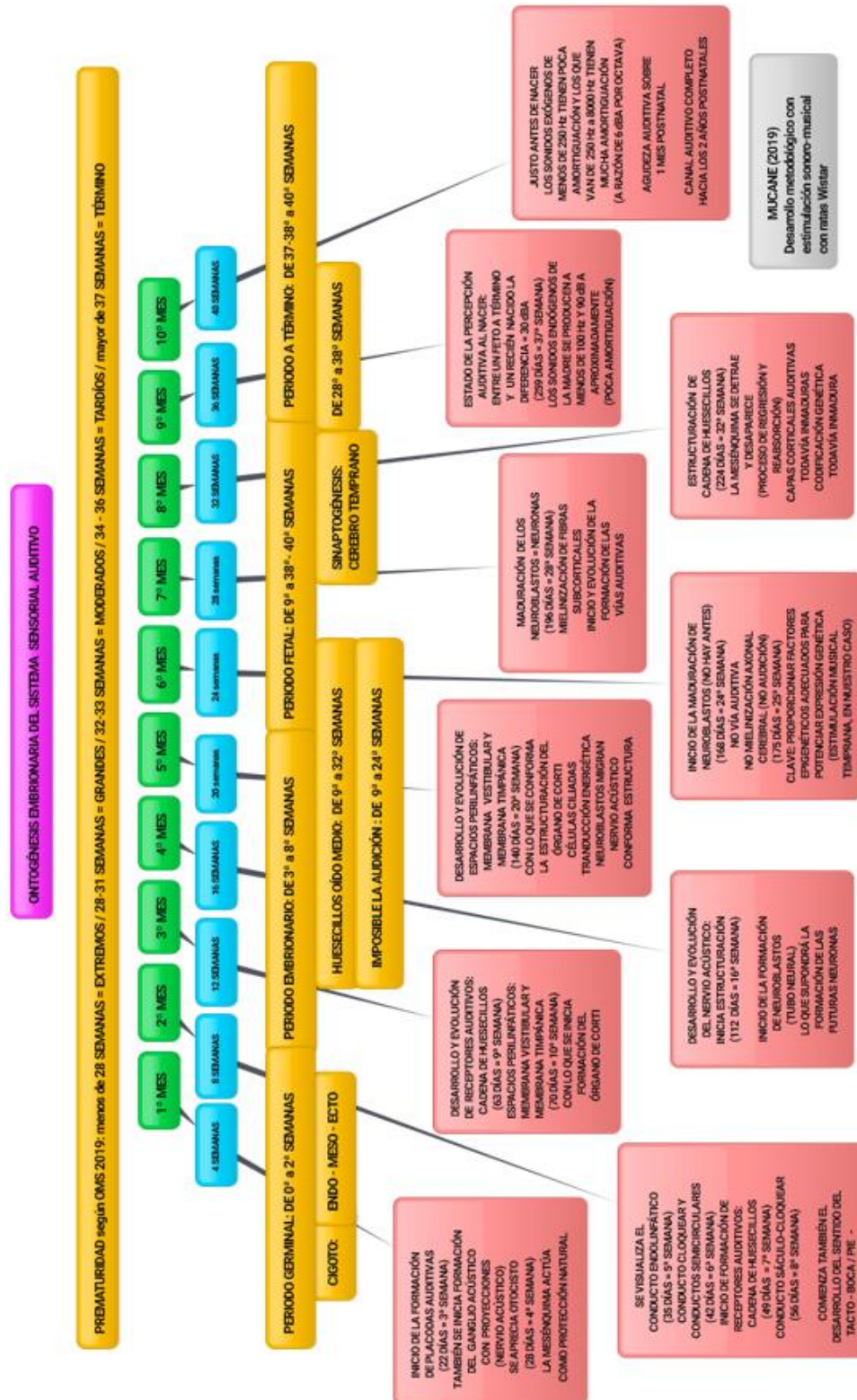
### III.3.1 La base: Hitos del desarrollo auditivo fetal humano

Es intención del autor, a pesar de que esta parte es claramente más específica y su lenguaje menos conocido para el gran público, abordar dicha temática de forma sencilla y sintética. Para ubicar las bases neuroanatómicas de la audición humana, necesitamos adentrarnos en el desarrollo auditivo embrionario (3-8 semanas) y fetal (9-38/40 semanas) humano.

De esta manera, la mejor forma de llevar a cabo este cometido es abordar cada uno de los momentos del desarrollo auditivo humano. Para ello presentamos el esquema resumen de su evolución pormenoriza, después de un proceso de búsqueda e indagación exhaustivos, estudio y análisis detallado, y, por supuesto, de la adecuada ubicación de los hitos de forma cronológica. Véase Figura 27. Esta presentación se ubica en ANEXO IXb de este estudio.



Figura 27: Ontogénesis embrionaria<sup>153</sup> del sistema sensorial auditivo



Fuente: Elaboración adaptada sobre Barrio Tarnawiecki, C. (2000:11-15)

<sup>153</sup> Barrio Tarnawiecki, C. (2000:11-15): propone y revisa su recorrido funcional para estimar cuando se puede hacer efectiva la audición fetal.

En resumen, con las bases de la localización cortical de la música o ubicación cito arquitectónica definida en el apartado I.5.3.1 y, una vez planteada de forma completa la base de la estructura ontogénica del funcionamiento del oído, podemos orientar el camino de las futuras estimulaciones musicales de manera que el planteamiento del apartado II.8 siga evolucionando desde el punto de vista de la ontogénesis embrionaria y fetal humana.

Ciertamente, enfocar y proyectar la intervención al desarrollo del Sistema Nervioso de neonatos pretérmino a través de una estimulación musical auditiva, considerando las bondades que se le presuponen a la Música, y al mismo tiempo, tratando de valorar los efectos previsiblemente perjudiciales de los ruidos de la UCIN de HCSC en situación de contexto real, no es baladí. Todo profesional que pretenda incursionar en dicha actividad debería poseer sólidos conocimientos en neuro-ontogénesis prenatal y tener a su alcance los recursos multidisciplinares necesarios. La realidad es que se han hecho muy pocos estudios comparativos con el suficiente rigor científico al respecto, que permitan llegar a conclusiones definitivas que nos apoyen. En definitiva, este modelo experimental en laboratorio con camadas de ratas Wistar, volvemos a insistir, propone una sólida base metodológica que se ha preparado rigurosamente para dotar de coherencia y sentido científico a la misma.

### **III.3.2 Tratamiento informático de los ruidos seleccionados**

Desde un punto de vista del tratamiento y proceso metodológicos, 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 HD10 que nos permitió editar y mezclar todo el material. Los seis audios finalmente seleccionados (R1, R 2, R 3, R 4, R 5 y R 6, véase Tabla 15), tienen una duración de 10 minutos (planificación inicial) / 2 horas (planificación final) en formato WAVE<sup>154</sup> y son los mismos para las dos líneas experimentales presentadas. Este tratamiento se ubica en ANEXO IIb de este estudio.

---

<sup>154</sup> 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 la web <https://maestraonline.com/2019/02/15/usos-caracteristicas-formato-wav/>. [Confirmado el 27,11,2019].

Tabla 15: Ruidos seleccionados para experimentación sonora

R1 = ubicado de lista inicial en R19. Motor interior de la Incubadora Caleo Draeguer (aislado y grabado omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebé) = código 1. (SI)
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 bebé) = código 2B. (SI)
R3 = ubicado de lista inicial en R27. Sacaleches Mamivac Sensitive CFH (grabado omnidireccionalmente desde el interior a la altura de la cabeza del bebé) = código 3A1. (NO)
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 bebé) = código 4B. (SI)
R5 = ubicado de lista inicial en R18. Sistema de Hipotermia (grabado omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebé) = código 5B. (SI)
R6 = ubicado de lista inicial en R7. Alto Flujo (grabado omnidireccionalmente desde el interior de incubadora a la altura de la cabeza del bebé) = código 6B. (SI)

Fuente: Elaboración propia (2018)

### III.3.3 Tratamiento informático de piezas musicales seleccionadas

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). Por su parte, 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*<sup>155</sup> de contrastada calidad profesional. Los 12 audios de Música grabados (M1, M2, M3, M4, M5 y M6), tienen una duración de 10 minutos (planificación inicial) / 2 horas (planificación final) en formato WAVE, a 432 Hz (planificación opcional) y a 440 Hz (planificación básica), respectivamente. En general, las seis selecciones compuestas para esta propuesta atienden a un criterio fundamental denominado *escucha fácil* o “Easy Listening”<sup>156</sup> y poseen denominadores comunes.

La sencillez ennoblece todas composiciones creadas. Las estructuras definidas a través de estrofas y estribillos, en general, sin introducciones, sin

---

<sup>155</sup> 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/> [Confirmado el 27,11,2019].

<sup>156</sup> Concepto abordado con anterioridad, pero reiteramos que 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/](https://onlineradiobox.com/es/genre/easy_listening/) [Confirmado el 28,11,2018].

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 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 este sentido, las partituras de estas melodías se adjuntan en el ANEXO IIIc de este documento.



En cuanto a las armonías y los acompañamientos utilizados, han tenido una misión muy clara y definida. Han sido destinados a embellecer y empoderar las melodías de los temas creando ambientes cómodos a la escucha, sin tensiones; acordes mayores, menores y séptimas menores, pasando por algunos recursos de acordes de quintas aumentadas, pero siempre, como incidimos, dejando el protagonismo a las melodías. La armonía ejerce un papel de “cómplice” melódico, ayudando en todo momento a conseguir el objetivo pretendido con el corte de frecuencias requeridas para este experimento.

Por último, la tímbrica es nuestra mayor y más poderosa aliada para ensalzar las melodías. Los instrumentos utilizados responden a un criterio común, las manos y la cuerda, con la intervención de guitarra española y acústica, violines y bajo acústico, nunca grabados por línea, sino a través de microfonía profesional en una sala anecoica. Las manos y percusión con maracas y el magnífico udu o vasija que con su tímbrica especial hace que frotar “manos contra barro” llene de calidez el conjunto musical obtenido. La batería ha sido grabada con un solo micrófono a una distancia técnica que ha permitido recoger la sonoridad con exquisita naturalidad, sin independizar bombo, caja, timbales y platos.

De igual forma, el piano eléctrico Fender Rhodes, que ha sido optimizado y afinado a 432 Hz para la ocasión, ofrece las melodías de forma percusiva entrechocando mazas con metal, recordando a los instrumentos escolares de placas como el carillón o el metalófono, creando una textura sonora amable y eficaz al mismo tiempo.

En definitiva, las seis composiciones musicales, indistintamente, son susceptibles de aplicarse a los momentos sustanciales o críticos de los hitos del desarrollo auditivo fetal (Barrio Tarnawiecki, 2000), ubicándose éstas (por sus características rítmico-musicales) a partir de la semana 24 de gestación, por cada uno de ellos.

Lo realmente relevante, es que 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 en 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 16 (ubicada en el ANEXO IV0.1 de este estudio) y correlacionado cada una de ellas por su conveniencia estimuladora musical como se indica en la Tabla 17.

Tabla 16: 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: D0m/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 D0maj7/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

Fuente: Elaboración propia (2018)

Tabla 17: 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 (2018)

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 R-M 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 Tabla 18).

Tabla 18: 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 (2018)

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 dB A y 60 dB A 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, todos ellos componentes de la mesa de trabajo experimental que se aborda a continuación en el apartado III.3.4) 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 conclusión, para profundizar en el *leitmotiv* de nuestro discurso musical, necesariamente tenemos que hacer referencia final, a que la música, tal y como la vamos a proyectar en el experimento planteado con las camadas de rata Wistar, se incorpora y relaciona también muy específicamente dentro de la línea de musicoterapia creativa de Nordoff-Robbins<sup>157</sup>, que influidos por las teorías humanistas de Steiner y, más tarde de Maslow, desarrollaron este modelo bajo la máxima de que en cada ser humano hay una respuesta innata a la música y que se puede alcanzar el “niño musical” que cada uno de nosotros llevamos dentro<sup>158</sup>.

---

<sup>157</sup> Musictip.net, Web: *Musicoterapia creativa, método de Nordoff-Robbins*. Recuperado de <https://musictip.net/musicoterapia/enfoques-teorico-practicos/nordoff-robins/> [Confirmado el 27,11,2019].

<sup>158</sup> Muñoz del Mazo, E. y de la Torre Rísquez. A. (2016:218): contemplan la importancia de musicoterapia pediátrica como una herramienta indiscutible para la normalización y mejora asistencial de estos niños y sus familias.

Por extensión, y derivado de este principio, si se me permite la expresión, se ha de ir en busca de la “rata musical”, es decir, donde el organismo del animal se vea comprometido absolutamente a través de la estimulación musical. Se da muestra audiovisual de todo este tratamiento musical en el ANEXO IIc.

### **III.3.4 La mesa de trabajo experimental**

Los diferentes elementos de la mesa de trabajo aparecen en el ANEXO VI conformado por el ANEXO VIa (se presenta la foto de la mesa de trabajo propiamente dicha, se trata de una compra personal), el ANEXO VIb (el vídeo de la jaula de experimentación), el ANEXO VIc (las especificaciones técnicas del amplificador mono T-B60), el ANEXO VI d (las especificaciones técnicas del altavoz monoTC9FD18-08), el ANEXO VIe (las características técnicas del reproductor Shanling M0), el ANEXO VI f (el sonómetro HHSL-101 con cuatro documentos que informan de sus características y su solvencia a la hora de abordar las mediciones -con especial atención a los documentos VI f.3, VI f.4a y VI f.4b, referidos al certificado de conformidad y a un ejemplo de registro de sonido para probar límite ético establecido, respectivamente), el ANEXO VI g (la caja de absorción con características técnicas y cortes audiovisuales de su construcción) y finalmente, el ANEXO VI h (donde se aportan otros recursos de la mesa de trabajo como la Carpeta de Investigador -Cdi- a través del documento 8.1 y las fichas iniciales -documento 8.2.1- y finales -documento 8.2.2- de registro del límite ético establecido), entre otros.

Por tanto, la mesa de trabajo experimental presentada se conforma con los elementos que se detallan brevemente a continuación:

1) La jaula de experimentación, de metacrilato de 5 mm con medidas homologadas y estancias opacas (abordado ya este elemento en el apartado I.5.3.2), que incorpora empotrado en su techo un único altavoz mono higienizable de potencia sobradamente suficiente marca TC9FD18-08 y que proporcionará un entorno de audio “*que envuelve*”, dadas las dimensiones de dicha jaula, *emulando* una dimensión omnidireccional de sonido que impregna todo su interior.

El precio de la caja y el altavoz: 200,10 + 45 euros (por modificación extra) y 45 euros, IVA incluido, respectivamente.

Ubicada en el primer estante de la mesa de trabajo preparada al efecto.

2) El amplificador mono T-B60 que nos proporciona todas las garantías de calidad en la reproducción de los audios preparados para el experimento. Su precio: 199,99 euros, IVA incluido.

Ubicada en el segundo estante de la mesa de trabajo

3) El reproductor Shanling M0 de alta gama donde estarán los audios en formato WAVE preparados al efecto con el material, tanto para experimentación (0 para silencio, 6 musicales, 6 de ruidos y 36 combinaciones de Ruido-Música, tanto en 440 Hz, como en 432 Hz a 10 minutos -diseño inicial- y 2 horas -diseño final-), como para una posible línea de investigación de ANC, con una duración de 10 minutos cada uno de ellos y que cubrirán la media hora de exposición diaria repartidos en tres momentos diferenciados en su diseño inicial, o 2 horas seguidas por día en su diseño final. Su precio: 125,50 euros, IVA incluido.

En este sentido (para el grupo control), se puede llevar a cabo o no el mismo procedimiento introduciendo al animal con el mismo protocolo que con los grupos muestra en las estancias de la jaula pero sin ninguna exposición sonora (silencio). Recordemos, las estimulaciones sonoro y musicales siempre con el efecto oscuridad provocado por la caja de absorción acústica, y por supuesto también, apagando las luces del cuarto de experimentación. Ubicado en el primer estante de la mesa de trabajo, al lado de la jaula de experimentación, colocado en un soporte preparado al efecto.

4) El sonómetro HHSL-101 con sus características técnicas, instrucciones, certificado de conformidad y pruebas 1 y 2 con lectura media de 58,05 dB sobre el registro del límite ético establecido. Su precio: 159,99 euros, IVA incluido.

5) La caja de absorción con características técnicas de sus elementos y el proceso audiovisual del diseño y construcción personales. Su precio: 59,99 euros, IVA incluido.

6) Los otros recursos de la mesa de trabajo, como la simulación de cartón de la jaula y los sujetos de estimulación, las tablillas de seguimiento con las FSA por camada de experimentación y cuadrantes iniciales y finales del límite ético establecido, así como otros elementos distribuidos en el tercer estante de la mesa de trabajo, como bandejas a color (una por cada grupo de estudio. Precio: 60,40 euros, IVA incluido) con las tabletas (precio: 48,00 euros, IVA incluido) con distintivo de color identificativas y de seguimiento de cada animal, para dejar registro del tipo de exposición y resultado de medición realizados



con cada uno de ellos, al mismo tiempo que se introducen en la matriz estadística preparada al efecto.

Coste total: 943,97 euros, IVA incluido (se dispone de las facturas pero no se anexan a este documento).

### **III.3.5 Bases conceptuales para la utilización de ratas Wistar**

Para establecer las bases conceptuales que fundamenten sólidamente por qué la rata Wistar es el animal más indicado para nuestro modelo de diseño experimental, necesitamos recuperar algunos conceptos que se abordaron en el apartado II.3.1 del bloque de contenidos anterior:

Desde un punto de vista operativo, como se ha apuntado en el capítulo introductorio de este estudio tesis, la rata Wistar se convierte en un recurso inigualable para poder destinarlo a la propuesta experimental planteada de este modelo, pues en la mayoría de los laboratorios que realizan fenotipos conductuales con ratas, y a pesar de la cantidad de variabilidad que persiste en el comportamiento de estos animales, en la FIB del HCSC se dan unas condiciones de cría y vivienda altamente estandarizadas para poder utilizar a este animal como recurso. De esta manera, pueden desde sus instalaciones, involucrar patrones de comportamiento individuales específicos consistentes en el tiempo generándose unas condiciones ambientales estables en su entorno.

Desde un punto de vista biológico más específico, la epigénesis (del griego epi: sobre - génesis: generación, origen, creación)<sup>159</sup>, predice que los órganos

---

<sup>159</sup> Definición de, Web: El desarrollo embrionario es un proceso. No todo está decidido desde el principio, todo ocurre porque algo –una fuerza vital, o una acción externa o interna– obliga al embrión a desarrollarse de una manera y no de otra. Recuperado de <https://definicion.de/epigenetica/>. [Confirmado el 28,11,2019].

del embrión son formados por medio de inducción por parte del ambiente, es decir, que las características de los seres vivos no se encuentran preestablecidas, sino que adquieren su disposición a medida que avanza el desarrollo. Este es un concepto muy interesante de cara a las estimulaciones sensoriales de este modelo experimental y ahora lo comentaremos.

Por otro lado, tenemos como recurso el binomio música-ruido y sus efectos sobre la fisiología y comportamiento animal. No solo su presión sonora, frecuencia, duración, etc. influye, también existen otros aspectos como la capacidad auditiva de la especie y cepa del animal, la edad y estado fisiológico en el momento de la exposición, entre otros factores relevantes. Por tanto, los sonidos con significado a niveles de intensidad relativamente bajos pueden tener un efecto considerable en la fisiología y comportamiento del animal al comprometer su sistema límbico y los centros superiores implicados en la determinación del contexto y significado (Turner *et al.*, 2005).

Por último, tenemos como recurso a los roedores con un espectro de sonidos audible más amplio, con una sensibilidad auditiva que se localiza cerca de los 40 Hz (Gourevitch y Hack, 1966) y con capacidad hasta los 80.000 Hz, Las ratas Wistar concretamente con límite auditivo más alto en 50.000 Hz.

La literatura científica informa en diferentes estudios que existe liberación elevada de dopamina al ser estimuladas musicalmente convirtiéndose en un mecanismo neuroquímico que puede explicar los sentimientos de recompensa que aporta la música (Levitin, 2005). Lo cierto es que estimula ciertas estructuras como la amígdala, el córtex, el hipocampo y el hipotálamo, de manera que los canales de atención del cerebro se ven afectados por estímulos auditivos significativos (Yehuda, 2011).

Cabe señalar también que la vocalización ultrasónica que provoca el cuidado materno comienza después del nacimiento y aumenta en intensidad hasta 8º día. Los oídos se abren sobre el día 3 y la capacidad de ser condicionados a las señales auditivas está presente sobre el día 4 o 5 postnatales. Todas estas circunstancias resultan favorables para que las estimulaciones sonoras y/o musicales recibidas tengan su efecto entre los días establecidos de n1 (día 1 postnatal) a n5 (día 1 postnatal) del modelo experimental planteado.

Volvamos al concepto de epigénesis. Cualquier fenotipo de comportamiento observado en el tiempo se basa en el historial de vida individual, el descifrar la acumulación genética y epigenética, sus predisposiciones y experiencias individuales sería de particular importancia. Por tanto, se ha de entender que cualquier investigación que utilice ratas genéticamente más o menos idénticas debe considerar que tal uniformidad genética no tiene para nada que traducirse en uniformidad fenotípica.

En cualquier caso, si proporcionamos estímulo en los periodos críticos indicados en el apartado II.7.2, concretamente en torno a la 24s, por ejemplo, en los que se desarrolla la vía auditiva, ¿se podría facilitar el abono o estímulo perfectos a la epigénesis propia de este momento gestacional a través de la música?. Esperamos ofrecer algún tipo de respuesta a este respecto en el apartado de conclusiones correspondiente.

### **III.3.5.1 Justificación**

El modelo experimental aquí planteado pretende poner en valor si a través de una reproducción/estimulación/experimentación reducida a laboratorio

clínico en circunstancias análogas afines a contexto real con variables independientes (2 V.I.: M y R) tomadas en entorno real, pueden estas provocar diferencias significativas mediante pruebas neuroconductuales e histológicas con variables dependientes (2 V.D.: -ansiedad/depresión- y -respuesta motriz- y 1 V.D.: -densidad de células/cantidad-, respectivamente) producto de la incidencia de dichas estimulaciones en el organismo de los animales derivado de los tiempos de exposición. En consecuencia, que estas diferencias sean objetivamente visibles y significativas, y puedan recogerse y analizarse, mostraría cambios reales en el comportamiento y organismo de los animales sujetos a experimentación.

En definitiva, si esta circunstancia se produjera estaría totalmente justificada la investigación, con lo que tendría sentido plantear su proyección prospectiva a la realidad cotidiana de los niños neonatos pretérmino.

No hay que olvidar, que 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-Haapola 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.

En conclusión, una vez obtenidos los resultados, se entraría a valorar si el R produce o aumenta un efecto negativo con respecto al añadido por la separación del niño de su madre y si la M compensa, atenúa o tiene un efecto positivo equiparable al grupo de los animales control.

### **III.3.5.2 Fase de análisis**

Respecto de la fase de análisis, una vez realizado el análisis previo y la definición de objetivos que aparece en el apartado III.3.5.4 de este bloque de contenidos (nos planteamos la pregunta: ¿qué queremos conseguir?), ha sido necesario acotar adecuadamente la selección y ejecución de la estrategia metodológica a llevar a cabo en función de la consecuente contextualización temporal realizada (había hecha una planificación inicial sobre diferentes aspectos y procesos que orientaban el rumbo que debíamos seguir, pero finalmente, se han producido algunos cambios que han modificado algunos aspectos sustanciales en esa dirección que nos han obligado a adaptarnos a las nuevas circunstancias de investigación). Por tanto, no solo había que elegir las mejores herramientas para definir y poner en marcha “los engranajes” de este modelo de diseño experimental, sino también sobreponernos a las situaciones sobrevenidas para cumplir con los objetivos en los plazos establecidos.

En consecuencia, aparte de haber iniciado la fase propiamente dicha de investigación, era necesario dotarla de un fuerte carácter proactivo profundizando en todos los elementos propuestos de diseño y planificación para matizar los procesos y detectar posibles desviaciones de los objetivos, de manera que se pudiera actuar sobre todos activos emprendidos a fin de optimizarlos.

En este sentido, sobre el planteamiento y realización de pruebas expuesto en el apartado III.3.1 de este capítulo, una vez ajustados algunos elementos y procesos de la investigación, la dirección metodológica llevada a cabo quedaba definida manteniendo:

- 1) Los principios reguladores que estimularon los planteamientos iniciales seguían siendo los mismos en referencia a las estimulaciones auditivas sensoriales (sonoras y/o musicales) que se proponen. Seguimos considerando que se produce esa doble perspectiva a la que hay que atender en la experimentación planteada. Por ello, tanto la excitabilidad, como la conductividad apuntados en dicho apartado van a ejercer toda su influencia en los procesos intrínsecos que relacionan los contextos interno y externo en el animal, por lo que, en función de las estimulaciones sensoriales recibidas, se producirán respuestas coordinadas y coherentes en el medio con referencia a cada una de ellas.
- 2) El biomodelo de experimentación utilizado en este diseño experimental sigue siendo el de camadas de rata Wistar (con anterioridad también se modificó este aspecto, pues de ratones cepa C57BL/6 -Black 6- se viró, por circunstancias sobrevenidas ajenas a este estudio, al actual modelo utilizado). Además, las pruebas que evalúen las respuestas no aprendidas

seguirán siendo de respuesta incondicionada, que reflejarán finalmente el nivel de ansiedad del organismo del animal, como se apuntaba en la Tabla 14 de este documento.

Así, este biomodelo de respuesta incondicionada se mantiene para evaluar la ansiedad del animal, y en consecuencia, su respuesta motriz y/o locomotora. Sin embargo, nos olvidamos del supuesto posterior que hace referencia al estudio de su aprendizaje y memoria. En conclusión, ahora todo el procedimiento se reduce a concretar y explicitar el estudio de las denominadas 1ª referencia (ansiedad) y 2ª referencia (respuesta motriz). Ambas, básicas en todo momento para este estudio, y descartamos definitivamente las denominadas, 3ª referencia (aprendizaje) y 4ª referencia (memoria), que con carácter opcional se habían planteado en este diseño de experimentación propuesto.

- 3) Para evaluar las pruebas neuroconductuales (Andrea Polanco et al.,2011) referidas a cada una de estas variables (ansiedad y respuesta motriz) se utilizan exclusivamente dos instrumentos: El “*Open Field Test -OF-*”<sup>160</sup> (caja) y el “*Forced Swimming Test -SF-*”<sup>161</sup> (cilindro con agua), quedando previamente registradas para su realización en los protocolos de preparación del estabulario de ratas de la FIB del HCSC. Véase Figura 28.

---

<sup>160</sup> Psicothema.com, Web (22,01,2018): *Exploración y reactividad emocional del ratón en el Campo Abierto*. Recuperado de web <http://www.psychothema.com/pdf/232.pdf> [Confirmado el 18,01,2020].

<sup>161</sup> Link.springer, Web (22,01,2018): *Forced swimming test in mice: a review of antidepressant activity*. Recuperado de web <https://link.springer.com/article/10.1007/s00213-004-2048-7> [Confirmado el 19,01,2020].

Figura 28: Pruebas neuroconductuales definitivas



Fuente: Link.springer (2020)

En cuanto a la 1ª referencia, la medición de la ansiedad respecto del sistema nervioso autónomo del animal se estimará en el OF con 10 minutos de tiempo, a través de los momentos de defecación (Hall, 1934a; Hall, 1934b) o micción (número de veces), así como la observación de sus localizaciones (centrales-paredes), cruces centrales (número de veces), agazapamiento o inmersión de la cabeza (si-no) y postura erguida o exploratoria (si-no) que presenta el sujeto en cuestión, mientras se desenvuelve por este instrumento de evaluación (Becerra-García, et al., 2007).

En cuanto a la 2ª referencia, la medición de la respuesta motriz general propiamente dicha respecto del sistema nervioso autónomo del animal, se estimará en el OF (10 minutos), teniendo en cuenta igualmente las ubicaciones espaciales (centrales o paredes), los propios movimientos reproducidos a través de las distancias recorridas (mucha distancia-poca distancia), deambulación (si-no), levantamiento sobre patas traseras (número de veces), olfateo (número de veces), tiempos de o sin movimiento (segundos en movimiento - segundos inmóvil), así como la coordinación (si-no), equilibrio (si-



no) y velocidad (baja-alta), de los movimientos reproducidos por el sujeto en cuestión, en dicha prueba (Prut y Belzung, 2003).

En cuanto a la 1ª referencia y 2ª referencia, la medición de la ansiedad y respuesta motriz respectivamente, respecto del sistema nervioso autónomo del animal, se estimará en el NF con 10 minutos de tiempo (previa aclimatación el día anterior), a través de los momentos de defecación (Hall, 1934a; Hall, 1934b) o micción (número de veces), así como los tiempos en “*climbing*” (“*alpinismo*” - conducta de escape), “*swimming*” (“*natación*” - conducta de hiperactividad) y “*floating*” (“*flotación inerte*” - conducta de abandono), y de latencia (tiempo que tardan en pasar a otra actividad, principalmente, la referida al “*floating*”), que presenta el sujeto en cuestión, mientras se desenvuelve por este instrumento de evaluación (Can *et al.*, 2012; Petit-Demouliere, Chenu y Bourin, 2005; Borsini *et al.*, 1986; Porsolt, Le Pichon y Jalfre, 1977).

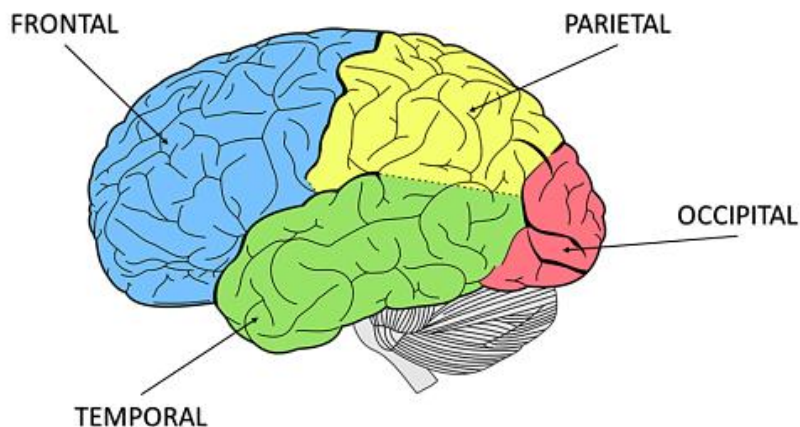
En consecuencia, utilizaremos con todas las garantías estos dos instrumentos, pues su validación está suficientemente documentada en diferentes especies de roedores, incluidas las ratas Wistar (Pellow *et al.*, 1985).

En referencia a las mediciones referentes a la evaluación histológica o de inmunohistoquímica estimaban valorarse en las localizaciones propuestas (hipocampo, cuerpo estriado, córtex dorsal anterior cingulado y córtex ventral anterior cingulado) para evaluar la incidencia de las estimulaciones recibidas en los tejidos nerviosos que supuestamente se podrían ver comprometidos. Sin embargo, un contratiempo sobrevinido con la avería de una pieza del aparato de Resonancia Magnética Funcional (RMFi) que permite visualizar imágenes

de las zonas cerebrales en estudio, sumado a las circunstancias de limitación temporal sufridas por las demoras administrativas de autorización del proyecto, provocan que estas zonas cerebrales de estudio se sustituyan definitivamente por una prueba de “conteo” previa prueba de preparación con tinción de Nissl<sup>162</sup>.

Con dicha prueba se pretende apreciar la densidad neuronal (variable: muerte celular) exclusivamente de las zonas de la corteza cerebral prefrontal (tanto en Hemisferio Izquierdo -H.I.- como en Hemisferio Derecho -H.D.-) y de la corteza parietotemporal (igualmente en H.I. y H.D. reduciendo y simplificando sustancialmente toda esta parte del estudio). Véase Figura 29.

Figura 29: Grandes estructuras cerebrales



Fuente: Lifeder (2020)

La corteza prefrontal se halla justo por delante de otras dos áreas importantes del lóbulo frontal: la corteza motora y la corteza premotora. En este

<sup>162</sup> Mmegías.com, Web (22,01,2018): *Atlas of Plant and Animal Histology*. Recuperado de la página web <http://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/6-tecnicas/protocolos/p-tincion-nissl.php> [Confirmado el 18,01,2020].

sentido, se puede distinguir de otras áreas del lóbulo frontal a través de su composición celular, su inervación dopaminérgica y sus aferencias talámicas (Jódar y cols., 2014; Tirapu Ustárriz y cols., 2012; Lapuente, 2010; Junqué, 2009; Jódar, 2005). De este modo, constituye hoy en día una región bien establecida y delimitada, pues la corteza prefrontal constituye un conjunto de áreas neocorticales que envía y recibe proyecciones desde prácticamente todos los sistemas corticales sensoriales, motores y muchas estructuras subcorticales, y resulta una región básica para el desarrollo del comportamiento y la personalidad (toma de decisiones).

El lóbulo parietal se localiza en la zona interior del encéfalo. Esta región de la corteza cerebral se divide en dos grandes estructuras: una referente al hemisferio izquierdo y otra referente al hemisferio derecho. Destaca principalmente por poseer una de las mayores áreas de asociación de todo el cerebro, es decir, esta estructura se encarga de combinar e integrar la información que proviene de todas las áreas del cuerpo (Junqué C. y Barroso, 2009; Rubin y Safdich, 2008; Kolb y Wishaw, 2006).

Por su parte, el lóbulo temporal es una región del cerebro que forma parte de la corteza cerebral, siendo la segunda estructura más grande de esta, por detrás del lóbulo frontal. Es una región cerebral que desempeña un papel importante en el desarrollo de tareas visuales complejas. Además, desde un punto de vista científico, es interpretado como la corteza primaria de la audición. Así mismo, esta estructura desempeña otras muchas funciones como el desarrollo del lenguaje, la ejecución de la memoria auditiva o el procesamiento de información de audio (Junqué C. y Barroso, 2009; Rubin y Safdich, 2008).

Precisamente aquí están reconocidas las áreas de la corteza auditiva 41 y 42; esta última, contigua a la anterior. A su vez, de forma continua y adyacente a ésta se localiza la parte del área auditiva de asociación, el área 22 (Tirapu Ustárrroz y cols., 2012; Lapuente, 2010; Jódar, 2005), apuntadas las tres citoarquitectónicamente en este estudio.

La corteza parietotemporal (intervienen ambas) es la más indicada para su estudio por contener información en referencia a la actividad sensorial y motriz.

Un aspecto finalmente destacable desde esta vertiente médica, es que toda esta nueva configuración hizo que los cronogramas iniciales tuvieran que cambiarse por los mostrados en las Figuras 24 y 25 del apartado III.1 de este capítulo, donde se simplificaba de manera importante y sustancial, toda la inversión de tiempo que se tenía inicialmente establecida a favor de unos cuadrantes de realización de pruebas neuroconductuales de dos semanas, con lo que en, prácticamente un mes, todo tendría que estar realizado, analizado y concluido.

Por último, hay que señalar qué tanto desde la vertiente musical, como la técnica de este estudio, teníamos todos los recursos necesarios dispuestos.

Desde el plano musical, contábamos con las grabaciones musicales y sonoras grabadas para comenzar el periodo de exposiciones o estimulaciones sensoriales, con la importante novedad de que todos los audios contaban ahora con 2 horas de duración (descartando los audios iniciales de 10 minutos para realizar tres exposiciones de ese tiempo al día como consideraban los cronogramas iniciales). Este criterio se tomó con el visto bueno del director en la vertiente médica, al entender que ciertamente ese tiempo de 2 horas

resultaba más equiparable y relevante a las circunstancias reales de los neonatos pretérmino de la UCIN del HCSC).

Desde el plano técnico, se habían realizado previamente tres pruebas de sonido en semanas previas en días diferentes para comprobar que todo el dispositivo y funcionamiento de la mesa de experimentación con todos sus elementos técnicos funcionaban correctamente, aparte de asegurarnos con dos informes acreditados que cumplíamos con el límite ético establecido para la experimentación. El último informe de los dos comentados anteriormente (con audios a 2 horas) pueden visualizarse en el ANEXO 0c de este documento.

### **III.3.5.3 Muestra y grupos de estimulación**

Por consiguiente, determinada esta nueva configuración, las variables de estudio de la muestra y los grupos de estimulación quedan definidos de forma definitiva como sigue:

No se estiman las variables de sexo (machos: M y hembras: H), crecimiento (peso y longitud) y edad que si aparecían incorporadas en los planteamientos iniciales.

En cuanto a las Pruebas Neuroconductuales con relación a las Variables Dependientes (V.D.): música (M) y Ruido (R), quedan definidas definitivamente como Variables Independientes (V.I.): ansiedad y respuesta motriz, donde aprendizaje y memoria quedan descartas en este estudio.

En cuanto a las pruebas histológicas comenzarán a partir del día n28 (28 días postnatales) de cada una de las camadas donde se sacrificarán, todos los

animales, por entender que los sujetos de experimentación poseen ya un tamaño corporal que facilita el estudio de sus tejidos en laboratorio una vez sacrificados. Solo se estudiará la V.D. de densidad neuronal (muerte celular) en las dos zonas de estudio definitivamente planteadas.

Por tanto, las variables de estudio quedan así:

Grupo de Control (GC) = Silencio (S), pero no se procederá al protocolo de separación de la madre, es decir, no estarán 2 horas en la jaula de experimentación de la mesa de trabajo.

V.I. = RUIDO (R), si se procederá al protocolo de separación de la madre, es decir, estarán 2 horas en la jaula de experimentación de la mesa de trabajo. Cada día estarán 2 horas de estimulación (del 7 al 11 de enero de 2020) desde n1 al n5 (del primer al quinto día postnatales), siendo sometidas a los ruidos seleccionados (de R1 a R5) cada uno de los cinco días, respectivamente.

V.I. = MÚSICA (M), si se procederá al protocolo de separación de la madre, es decir, estarán 2 horas en la jaula de experimentación de la mesa de trabajo. Cada día estarán 2 horas de estimulación (del 13 al 17 de enero de 2020) desde n1 al n5 (del primer al quinto día postnatales), siendo sometidas a las piezas musicales seleccionadas (de M1 440 a M5 440 -afinadas a 440 Hz- pues las mismas piezas afinadas también a 432 Hz han sido descartadas) cada uno de los cinco días, respectivamente.

Las Variables Dependientes (dos para cada una de las variables anteriores)

son:

V.D. = Ansiedad

V.D. = Respuesta motriz

La idea inicial enfocada a utilizar ratas Wistar de la misma camada en los diferentes grupos de estudio (en los planteamientos iniciales se contaba con 5 camadas diferentes) queda descartada, así como el resto de los planteamientos iniciales.

Las camadas sujetas a experimentación de forma definitiva han sido tres:

Camada 1 (GC, camada anterior nacida en abril de 2019) compuesta por 7 sujetos (5 M y 2 H). Dato relevante: Este grupo no ha sido sometido al protocolo de experimentación por razones obvias, por tanto, tampoco a la situación referida de la separación de la madre de n1 a n5 durante dos horas al día. Identificada para su estudio con distintivo amarillo.

Camada 2 (GR, camada nacida el 7 de enero de 2020) compuesta por 13 sujetos (6 M y 7 H). Nacieron 17 sujetos, tres perecieron, uno en n5, y los otros dos en n21, respectivamente. Dato relevante: Este grupo ha sido sometido al protocolo de experimentación con los cinco R seleccionados de los ruidos más significativos de la UCIN, por tanto, también a la situación referida de la separación de la madre de n1 a n5 durante dos horas al día. Identificada para su estudio con distintivo rojo.

Camada 3 (GM, camada nacida el 12 de enero de 2020) compuesta por 9 sujetos (4 M y 5 H). Nacieron 11 sujetos, dos desaparecieron, superaron todo el periodo de estimulación, pero en algún momento entre n10 y n21, ya no estaban. Dato relevante: Este grupo ha sido sometido al protocolo de experimentación con las cinco M compuestas para la ocasión, por tanto, también a la situación referida de la separación de la madre de n1 a n5 durante dos horas al día. Identificada para su estudio con distintivo verde.

En conclusión, hemos contado solamente con 2 camadas disponibles más otra camada anterior utilizada para otras investigaciones, que ha hecho las veces de GC en nuestro estudio, en total 29 sujetos en estudio.

Esta información queda establecida y organizada según cronogramas definitivos del ANEXO Vb de este documento, donde quedan recogida su distribución temporal. En consecuencia, los grupos de estimulación del estudio han sido:

Grupo de Control / "color amarillo" (G.C.) = S (no expuestos a separación de la madre / no a música / no a ruido).

Grupo R / Grupo Muestra 2 / "color rojo" (G.R.) = R (expuestos a separación de la madre / no a música).

Grupo M / Grupo Muestra 3 / "color verde" (G.R.) = M (expuestos a separación de la madre / no a ruido).



Se descartan también:

Grupo Ruido-Música / Grupo Muestra 4 / "color azul" (G.R-M.) = (expuestos a separación de la madre / ambas).

Así como todos los grupos inicialmente planteados para experimentación de Línea 2, es decir, para los grupos de estudio con estimulación donde interviene M afinada de 432 Hz.

### III.3.5.4 Subhipótesis

Dando por probado el hecho de rechazar la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA<sup>163</sup> y al constar el estudio con tres grupos de experimentación, nos interesaba un test de comparaciones múltiples. Nosotros vamos a utilizar en todo momento el de comparaciones múltiples de Bonferroni<sup>164</sup> para el contraste de hipótesis planteado y la interpretación estadística de todos los resultados del apartado III.5 de este capítulo.

En este sentido, de las tres pruebas presentadas en el apartado anterior que se han acometido (las dos neuroconductuales y la prueba de histología basada estrictamente en un conteo de neuronas de las dos cortezas cerebrales propuestas finalmente) pasamos a plantear hipótesis.

---

<sup>163</sup> Minitab, Web (22,01,2018): *Anova*. Recuperado de la web <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/modelingstatistics/anova/supporting-topics/basics/what-isanova/> [Confirmado el 22,01,2020].

<sup>164</sup> Estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com, Web (22,01,2018): *El test de Bonferroni*. Recuperado de la web <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2013/01/28/test-de-bonferroni/>. El test de Bonferroni es un test de comparaciones múltiples. Permite comparar, como los demás contrastes de este tipo, las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA. El test de Bonferroni hay que entenderlo en relación con el Test LSD de Fisher. Se basa en la creación de un umbral, el BSD (*Bonferroni Significant Difference*) por encima del cual, la diferencia entre las dos medias será estadísticamente significativa y por debajo del cual esa diferencia no lo será. [Confirmado el 19,01,2020].

Es relevante señalar en referencia a la literatura consultada (Can *et al.*, 2012; Petit-Demouliere, Chenu y Bourin, 2005; Borsini *et al.*, 1986; Porsolt, Le Pichon y Jalfre, 1977), que la prueba de *Focerd Swimming Test* en principio puede ser la más interesante de valorar una vez obtenidos los resultados.

Por todo ello, las hipótesis (alternativas) propuestas son:

Hipótesis 1:

Existen diferencias significativas en cuanto al tiempo dedicado al “*climbing*” en función de haber recibido una estimulación sonora con M, R o S (GC).

Hipótesis 1a: El grupo que recibió estimulación musical utiliza un tiempo medio o promedio<sup>165</sup> mayor dedicado al “*climbing*” que el grupo de estuvo expuesto a ruido.

Hipótesis 1b: El grupo que recibió estimulación musical utiliza un tiempo promedio parecido dedicado al “*climbing*” que el grupo de control.

Hipótesis 2:

Existen diferencias significativas en cuanto al tiempo de latencia en función de haber recibido una estimulación sonora con M, R o S (GC).

Hipótesis 2a: El grupo que recibió estimulación musical invierte un tiempo medio mayor dedicado a la latencia que el grupo de estuvo expuesto a ruido.

Hipótesis 2b: El grupo que recibió estimulación musical invierte un tiempo medio parecido dedicado a la latencia que el grupo de control.

---

<sup>165</sup> Shmoop, Web (23,01,2018): *Media*. Recuperado de <https://www.shmoop.com/estadistica-basica-probabilidades/media-mediana-modo-rango.html>[Confirmado el 24,02,2020].

### Hipótesis 3:

Existen diferencias significativas en cuanto a la distancia recorrida en función de haber recibido una estimulación sonora con M, R o S (GC).

Hipótesis 3a: el grupo de control recorrió una distancia media mayor que los grupos que estuvieron expuestos a ruido y música.

Hipótesis 3b: el grupo que recibió estimulación musical recorrió una distancia media parecida al grupo que se estimuló con ruido.

### Hipótesis 4:

Existen diferencias significativas en cuanto a la densidad de neuronas de las zonas estudiadas en función de haber recibido una estimulación sonora con M, R o S.

Hipótesis 4a: el GC tiene una densidad media de neuronas parecida a los grupos que estuvieron expuestos a R y M.

Hipótesis 4b: el grupo que recibió estimulación M tiene una densidad media parecida de neuronas que el grupo que fue estimulado con R.

### **III.3.5.5 Concreción de objetivos**

El objetivo perseguido ha sido el siguiente:

Analizar el efecto o incidencia directa de las estimulaciones sonoras y/o musicales realizadas en los sujetos de experimentación a través del diseño del modelo experimental propuesto.

Se desglosa en una triple dirección:

- 1) Identificar y describir los estados de ánimo y actividad motriz de los sujetos en función de las estimulaciones recibidas.

- 2) Ajustar las posibles correlaciones surgidas entre las diferentes camadas sujetas a diferente estimulación en función de las pruebas neuroconductuales e histológicas realizadas.
- 3) Elaborar un tratamiento estadístico de los resultados obtenidos.

### **III.3.5.6 Utilidad práctica**

Antes de esbozar algunas ideas que me sobresaltan al pensar en la utilidad práctica de este modelo de experimentación, he de fortalecer el empeño y mostrarme sereno en la satisfacción que me produce saber, para quien va dirigido este documento.

La máxima expresión del modelo de diseño experimental aquí presentado puede materializarse, sin duda, en su finalidad social. La utilidad desde el punto de vista del autor tiene diversas connotaciones, aunque la principal es que hemos sido capaces de configurar una herramienta que, desde la mirada objetiva de la ciencia, ha otorgado a la música una consideración que ya nunca le podrán arrebatarse. Mucho más generoso que el esfuerzo realizado ha sido comprobar, lo que difícilmente en sueños ni nos atrevíamos a soñar, pues la música es tan grande, que hasta la ciencia dice que es verdad...

Pero efectivamente, hemos tenido la oportunidad de constatar el hecho de que el sistema técnico de reproducibilidad sonora diseñado ha funcionado correctamente. La sonoridad de los audios utilizados en la experimentación con la calidad y calidez que ofrece esta propuesta parecía haber salido de una gran sala de conciertos y los tratamientos en estudio profesional de sonido, tanto de los focos sonoros recogidos en contexto real de la UCIN del HCSC, como la esencia melódica de la parcela artístico-musical, a través de la afinación, grabación, montaje y postproducción de las piezas musicales, han sido

exquisitamente ejecutados. Todo ese “toque”, todo ese enfoque salía por el altavoz de la jaula de experimentación cada vez que se pulsaba la *interface* del reproductor Shanling M0.

Y así puede asistirse a un primer intento que apunte mensajes de utilidad sobre el diseño experimental aquí presentado, no sin antes, hacerse algunas preguntas: ¿Separar a las crías de su madre las crea ansiedad? parece que sí, sin embargo, la música ha podido normalizar esa respuesta... pensé. Y si lo extrapolo a los niños prematuros, ¿ellos pueden quejarse?, los órganos que les permitirían hacerlo siguen inmaduros todavía... En realidad, su silencio ya nos está hablando ¿Por qué no escuchamos mejor? ...pensé. Y si pienso en porqué lloran los niños cuando llegan el primer día a la escuela infantil, ¿entendería ahora mejor esa respuesta?, y ¿por qué no están bien regulados esos periodos de adaptación? pensé. Y sigo pensando en las etapas obligatorias posteriores, donde las dinámicas escolares actuales solo estresan a muchos niños, les apagan la creatividad y les crean ansiedad, ¿se podría utilizar la música para ayudarles?, y ¿por qué no se contempla?, solo hablamos, pero no escuchamos... pensé. ¿Por qué no escuchamos mejor?... Por todo ello, y asumiendo que todas estas observaciones son personales, considero que este diseño puede ser muy útil, para este autor lo está siendo, porque esta experiencia musical me ha permitido comprender un poco mejor las respuestas que dan esos niños, a la escuela de hoy y a la sociedad que tendremos mañana. No obstante, entiendo que este modelo de diseño experimental puede servirnos a todos, puede ofrecernos una vía para acceder a una profunda y serena reflexión, y puede ayudarnos a escuchar mejor. Porque esos niños, no lo olvidemos, representan hoy nuestro mañana. No obstante, en un plano

menos emocional, como se merece sin duda este documento, me quedo con una idea muy sencilla desprendida de la semana de estimulaciones que se haya descrita en el apartado III.4.1.

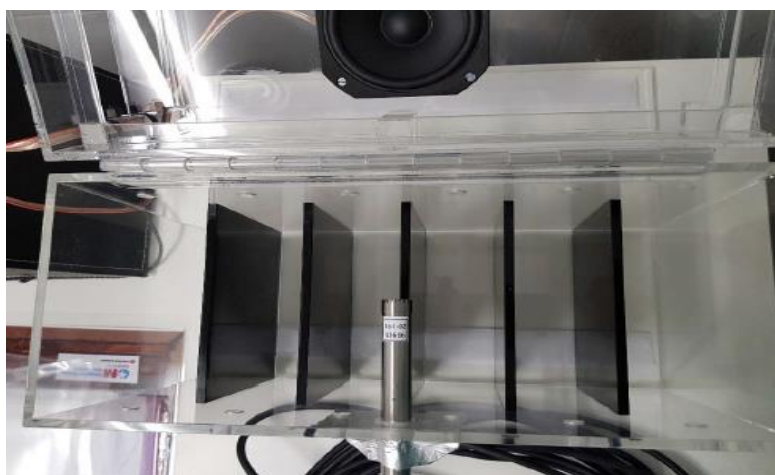
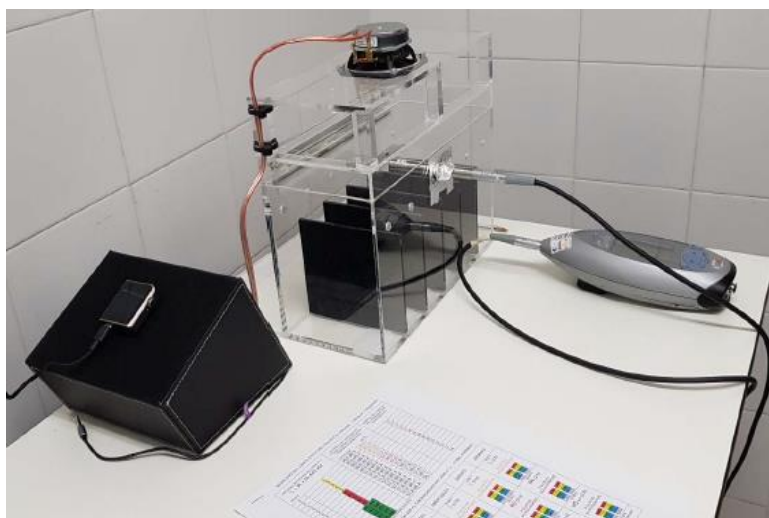
### **III.4 Implementación metodológica del modelo experimental**

En cuanto a la implementación metodológica del modelo experimental, el aspecto más destacable ha sido dejar operativo, funcional y con un rendimiento óptimo el conjunto de reproducibilidad de la mesa de experimentación en el cuarto preparado al efecto para el periodo de estimulaciones sonoro y/o musicales que tenían de forma inminente que realizarse.

En consecuencia, 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 post procesamiento 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 Figura 30 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 30: Sistema de reproducibilidad sonora final



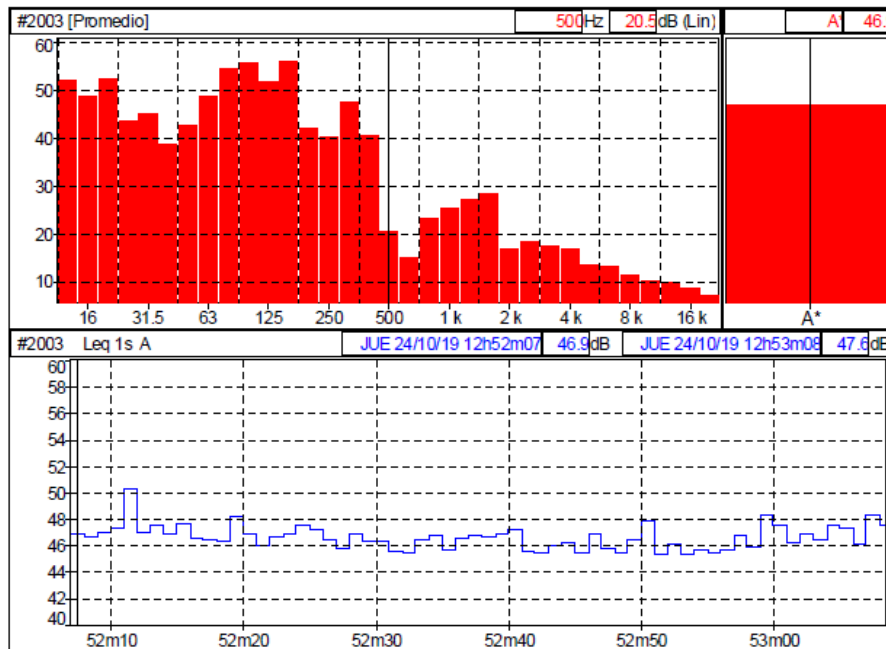
Fuente: García-Calderón Montejo, E. (2019)

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 dB A  $\pm$  60 dB A. Véanse los gráficos de nivel de presión sonora de Gráfico 19 (Silencio), Gráfico 20 (R1), Gráfico 21 (M1 440), Gráfico 22 (M1 432) y Gráfico 23 (R1M1 440).

Gráfico 19: Presión Sonora - Silencio (sin Shanling M0)

Registro de audio: S

Volumen: No procede (valoración del ruido de fondo)

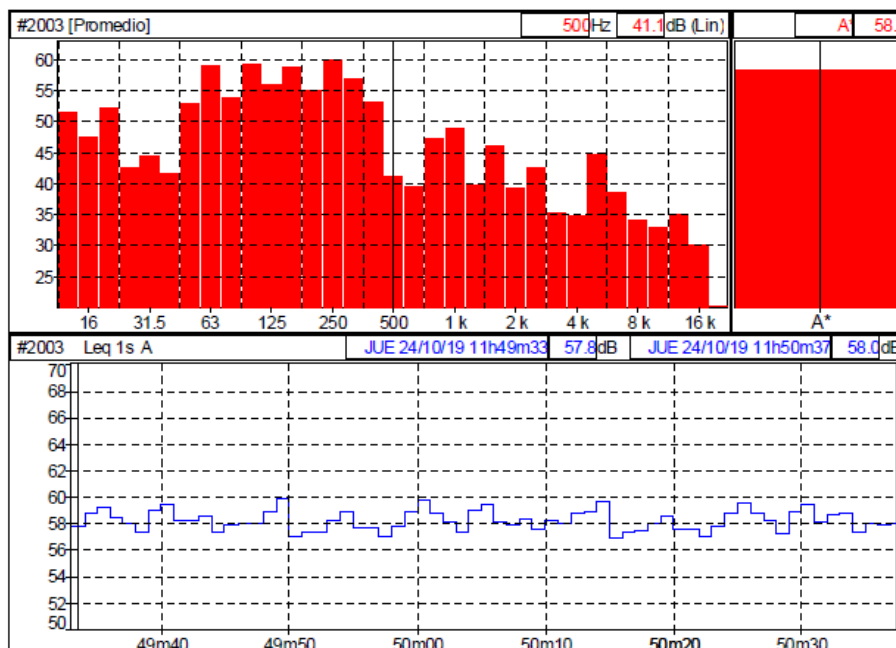


Fuente: García-Calderón Montejo, E. (2019)

Gráfico 20: Presión Sonora - R1 (volumen: 45 - Shanling M0)

Registro de audio: R1

Volumen: 45

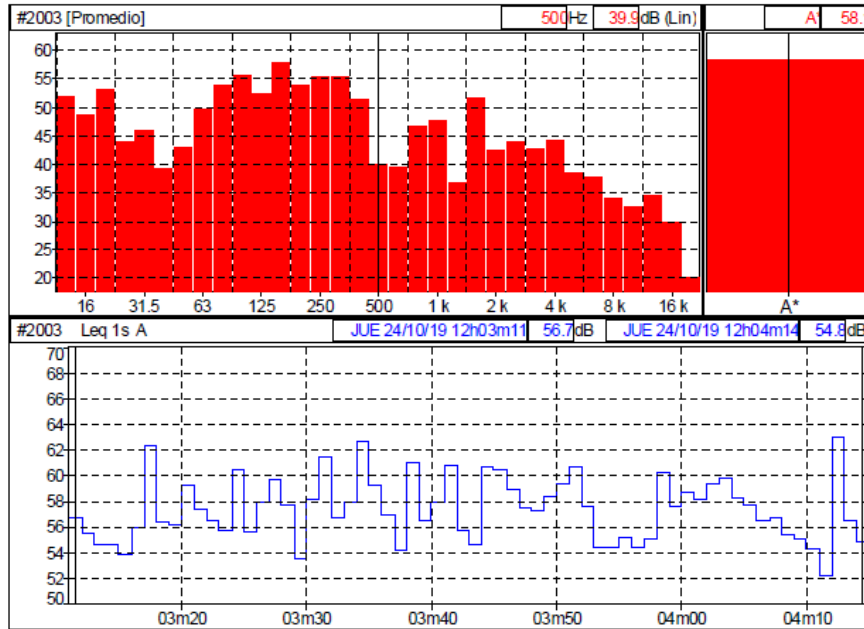


Fuente: García-Calderón Montejo, E. (2019)



Gráfico 21: Presión Sonora - M1 440 (volumen:16 - Shanling M0)

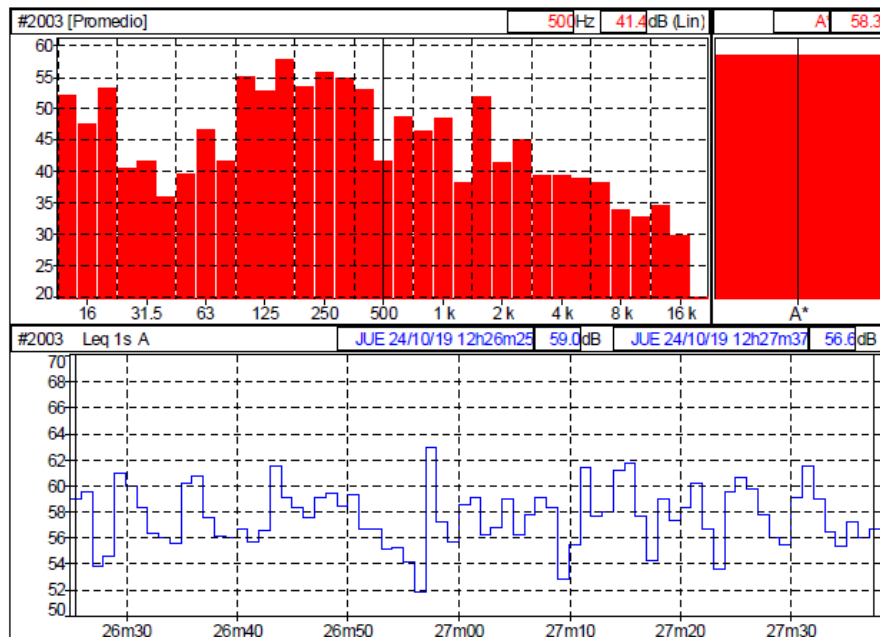
Registro de audio: M1 440  
Volumen: 16



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

Gráfico 22: Presión Sonora - M1 432 (volumen:16 - Shanling M0)

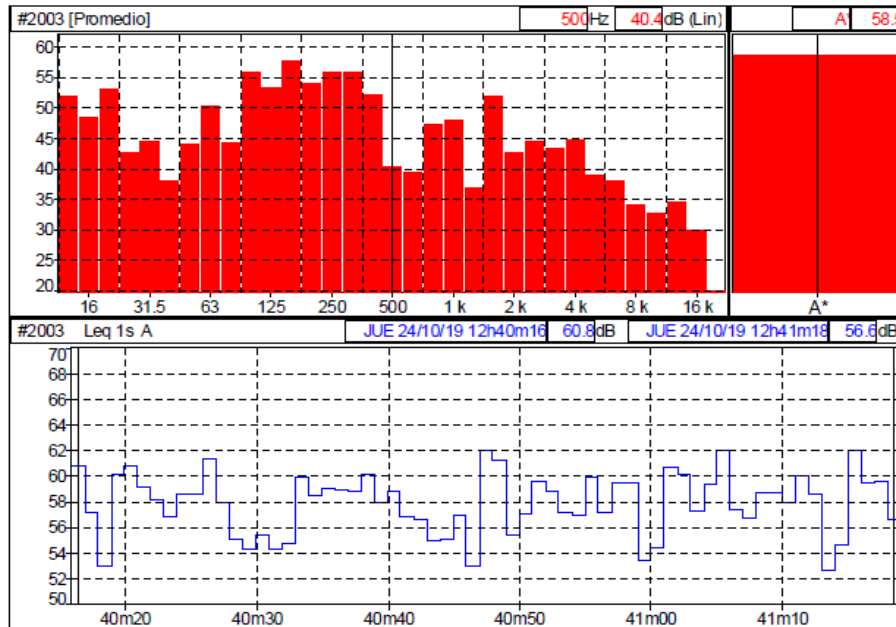
Registro de audio: M1 432  
Volumen: 16



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

Gráfico 23: Presión Sonora - R1M1 440 (volumen:16 - Shanling M0)

Registro de audio: R1M1- 440  
Volumen: 16



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

De los registros de audio obtenidos se observa como valor fundamental, que los resultados de M1 432 del Gráfico 22, M1 440 del Gráfico 21 y R1- M1 440 del Gráfico 23, 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<sup>166</sup>. 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.

#### **III.4.1 La administración de estímulos sonoros y/o musicales**

Las dos semanas de estimulación han cursado con normalidad. Ya se han expuesto en apartado III.3.5.3 de este mismo capítulo, la conformación de fechas de comienzo, camadas y variables de estudio definitivas.

En un plano menos emocional, como se merece este documento, reitero, me quedo con una idea muy sencilla (ya apuntada) desprendida de las dos semanas de estimulaciones. El tercer día, después de haber sometido a dos horas de R3 a la camada correspondiente, los sujetos estaban inquietos, separados, fríos, incluso emitían pequeñas vocalizaciones o gruñidos, intentando quizás manifestar su desagrado, estarán llamando a la madre, pensé.

---

<sup>166</sup> 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/> [Confirmado el 24,11,2019].

Interesante sin duda, pues en el n3 (tercer día postnatal) la rata Wistar, como otros roedores, tiene ya “despierto su odio” producto de la sinaptogénesis coclear (Sobkowicz, 1992). En consecuencia, entre el día 6 a 12 postnatales se desarrolla el proceso de maduración y diferenciación de las células sensoriales ciliadas o cilios y aproximadamente sobre ese día 3 postnatal, da comienzo dicha diferenciación de las células ciliadas y las fibras aferentes para la culminación de su inervación con las células sensoriales de su órgano de Corti, derivado del crecimiento de los procesos periféricos de las fibras aferentes del ganglio espiral, releída la literatura científica consultada.

Por tanto, el mayor daño neurotóxico lo encontramos sobre el día 5 a 6 postnatal, con lo que el periodo más crítico y sensible de la formación del receptor auditivo de la rata Wistar a la patología neurotóxica son, sin duda, éstos (Sobkowicz y Rose, 1983). Esta circunstancia estaba presente, no fue gratuita y coincidió con el último día de estimulación, aproximadamente.

Sin embargo, a la semana siguiente, también el tercer día, después de haber sometido a dos horas de M3 a la otra camada, los sujetos estaban quietos, pegados, casi solapados, totalmente dormidos como bebés, intentaron también contarme algo, ¿ha sido por la música que estén tan tranquilos?... pensé.

Al margen de estas consideraciones personales con cierta base subjetiva, no deja de ser interesante este hecho del que hay registro audiovisual, como así consta en el ANEXO VIIa de este documento.

### **III.4.2 El laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC**

Los laboratorios de la FIB del HCSC se hayan provistos de todo tipo de instrumental tecnológico para la investigación biomédica. Se encuentran ubicados en el acceso por urgencias del HCSC de Madrid con entrada directa por Puerta K en sótano 1, llevando a cabo todo tipo de líneas de investigación.

Concretamente el modelo de diseño experimental propuesto ha sido llevado a cabo en el laboratorio nº 5 que cuenta con un equipo de investigación competente, comprometido y motivado.

Desde la perspectiva que me ha ofrecido esta experiencia de investigación, he conocido la realidad del día a día de los protocolos de funcionamiento de un laboratorio clínico que cuenta con distintos tipos de animales de experimentación, entre los que se encuentra por supuesto, el biomodelo de rata Wistar.

En este sentido, me han brindado la oportunidad de recibir un curso de formación de 30 horas sobre técnicas de manejo de animales de experimentación en laboratorio. Esta formación me ha permitido desenvolverme con normalidad en las tres tareas que se han derivado de mi estudio de tesis.

La primera tarea ha tenido que ver con el desarrollo de la parte inicial del estudio donde se han desarrollado las estimulaciones sonoras y musicales. Un total de dos semanas invertidas en esta fase (una por grupo de estimulación). Básicamente ha consistido en alojar a los sujetos de las camadas correspondientes durante dos horas al día en los cinco primeros días postnatales. Esta tarea está completamente documentada de forma audiovisual en el ANEXO VIIa de este documento como se ha comentado con anterioridad.

La segunda parte ha sido más específica y referida a dos tipos de pruebas neuroconductuales de las que se ha dejado clara constancia en el apartado correspondiente de este capítulo. Destacar que tanto la prueba de *Open Field Test*, como la de *Forced Swimming Test* se han desarrollado con normalidad en el mismo cuarto de investigación durante todo el proceso. Estas tareas están completamente documentadas audiovisualmente en los ANEXO VIIb y VIIc de este documento, en referencia a las pruebas apuntadas, respectivamente.

Pero si ha habido una prueba que me haya llamado especialmente la atención ha sido la del procesamiento inmunohistoquímico de los cerebros de los animales una vez sacrificados y destinados al estudio, sobre todo por la exigencia y rigor en el cumplimiento protocolario de todos los procesos emprendidos. Esta tarea se haya igualmente documentada de forma audiovisual a través del ANEXO VIIc de este documento.

#### **III.4.2.1 Materiales y recursos**

Es interesante, precisamente, detenerse un momento en esta última parte para apuntar brevemente dicho procesamiento inmunohistoquímico de los cerebros de los animales para destinarlo al estudio.

Básicamente, una vez separados los cerebros del animal permanecen 48 horas en un recipiente con formaldehido<sup>167</sup>, y a partir de ahí, se comienza el proceso de laminado o corte para escoger las zonas cerebrales de estudio.

---

<sup>167</sup> Instituto Nacional del Cáncer, Web: *Formaldehido/hoja-informativa*. El formaldehído es una sustancia química incolora, inflamable y de olor fuerte que se suele usar como fungicida, germicida y desinfectante industrial y como conservante en laboratorios médicos. Recuperado <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causasprevencion/riesgo/sustancias/formaldehido/hoja-informativa-formaldehido#191qu233-es-el-formaldeh237do> [Confirmado el 27,11,2019].

Todo ello se realiza en el interior de una campana de flujo (campana extractora que hace retornar/absorber las partículas de formaldehído que puedan quedar suspendidas en el aire) con máscara de seguridad para ir dejando las partes laminadas o secciones coronales en unas cajitas con respiración denominadas *bloques*, que a su vez, van a ir pasando por todo un recorrido de aproximadamente 9 horas en recipientes y alcoholes a diferente graduación. Justo a la mitad de recorrido se detiene este proceso y los bloques pasan 24 horas en cámara de refrigeración a +5 ° C hasta el día siguiente en el que se continúa el proceso hasta su finalización. Todo ello, como indica en la Tabla 24.

Tabla 24: Fase inicial de la preparación inmunohistoquímica

**PARAFFIN EMBEDDING PROCESS**

<b>RATS (small pieces of tissue)</b>	<b>VEJIGAS RATAS</b>
1. Tissues in fixative solution at 4° C.	- 2 lavados 10' en H2O
2. Distilled water, 2 changes, 10 min each.	- 20' en Etou 30%
3. 30% ethanol, 30 min.	- 20' en Etou 50%
4. 50% ethanol, 2 changes, 30 min each.	- 20' en Etou 70%
5. 70% ethanol, 1 h.	- 30' en Etou 96%
6. 96% ethanol, 2 changes, 30 min each.	- 30' en Etou 100%
7. 100% ethanol, 30 min.	- 15' en Etou 100%
8. 100% ethanol, overnight at 4° C.	- 15' en Etou 100%
9. 100% ethanol, 15 min.	- 30' en Xilol-1
10. Xylene, 2 changes, 30 min each.	- 30' en Xilol-2
11. Paraffin, 3 changes, 30 min each, at 60° C	
12. Embed tissues into paraffin blocks.	

Fuente: Adaptación referida al esquema de actuación en laboratorio nº 5 (2020)

Después del proceso anterior, se deja en el recipiente en su último paso con parafina (líquido) toda la noche hasta el día siguiente y posteriormente, a través de una maquina llamada *Microtomo*, se comienza con un loncheado a 4 micras montadas en un portaobjetos de vidrio para ser manchado o teñido por tinción de Nissl, ya comentada con anterioridad, para finalmente ser evaluada la densidad neuronal o muerte cerebral en esa zona concreta de estudio.

### III.4.2.2 Material informático

Los tres programas informáticos utilizados dentro del laboratorio para obtención de los resultados son los siguientes:

- 1) Ethowatcher<sup>168</sup> para el tratamiento de la actividad motora en OF.
- 2) ImageJ<sup>169</sup> para el procesamiento de imágenes de las zonas cerebrales.
- 3) SPSS V.23<sup>170</sup> para el tratamiento estadístico de los resultados.

### III.4.3 Resultados de las pruebas realizadas

Respecto de las pruebas de OP:

La camada de GC (sujetos sin separación de la madre en edad neonatal) obtienen mejores resultados que las camadas estimuladas con M y R, tanto en una mayor distancia recorrida como en el número de entradas al centro de la caja.

---

<sup>168</sup> Ncbi, Web: Ethowatcher: validación de una herramienta para el análisis de comportamiento y video seguimiento en animales de laboratorio. Recuperado de la web <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22204867>. [Confirmado el 27,11,2019].

<sup>169</sup> ImagJ, Web: ImageJ es un programa de procesamiento de imagen digital de dominio público programado en Java desarrollado en el Instituto Nacional de Salud. Recuperado de <https://imagej.nih.gov/ij/> [Confirmado el 28,11,2019].

<sup>170</sup> IBM, Web: *SPSS 23.0: SPSS Estadística 23.0 Fix Pack 3*. Recuperado de la web <https://www.ibm.com/support/pages/spss-statistics-230-fix-pack-3> [Confirmado el 07,12,2019].



Las camadas estimuladas con M y R obtienen resultados parecidos entre ambas, sin diferencias prácticamente apreciables.

Respecto de las pruebas de SF:

La camada de GC (sujetos sin separación de la madre en edad neonatal) obtienen resultados parecidos a los de la camada de M, tanto en tiempo dedicado al “*climbing*” como al tiempo de latencia.

La camada estimulada con M supera a la estimulada con R respecto de los valores referidos al “*climbing*”, así como al tiempo de latencia.

Respecto a la única prueba de inmunohistoquímica (Tabla 25):

La camada de GC (sujetos sin separación de la madre en edad neonatal) obtienen resultados parecidos a los de la camada estimulada con M y R respecto de la densidad neuronal (muerte celular).

Las camadas estimuladas con M y R obtienen resultados parecidos entre ambas, sin diferencias prácticamente apreciables.

Tabla 25: Contaje sobre la densidad neuronal entre GC, R y M

SHAMS					
CTX prefrontal			CTX Parieto		
	H Izquierdo	H Derecho			
SHM5-6-1	173	170	SHM5-6-2		
SHM6-10-1	172	180	SHM12-2-2		
SHM12-2-1	170	182	SHM7-10-2		
SHM8-10-1	126,666667	127,333333	SHM6-10-2		
SHM7-10-1	178	162	SHM10-2-2		
SHM2-7-1	126	123			

Ruido					
CTX prefrontal			CTX Parieto temporal		
	H Izquierdo	H Derecho	H Izquierdo	H Derecho	
Ruido 7-1	188	192	Ruido 1-2	144	148
Ruido 1-1	161,5	175	Ruido 2-2	169	187
Ruido 12-1	159,5	169	Ruido 3-2	177	173
Ruido 3-1	159	139	Ruido 4-2	175,5	193
Ruido 8-1	169	144	Ruido 5-2	163	185,5
Ruido 9-1	192	190	Ruido 6-2	187	186,5
Ruido 6-1	180	184	Ruido 8-2	145	162
Ruido 4-1	140	164	Ruido 9-2	roto	roto
Ruido 13-1	186	180,5	Ruido 10-2	156	169

Musica					
CTX prefrontal			CTX Parieto temporal		
	H Izquierdo	H Derecho		H Izquierdo	H Derecho
Musica 4-1	152	141,333333	Música 5-2	105	70
Musica 8-1	172,666667	168	Música 4-2	70	108
Musica 3-1	175,333333	120	Música 3-2	174	181
Musica 2-1	162	143	Música 1-2	136	184
Musica 9-1	100	122	Música 2-2	157	130
Musica 6-1	72	75	Música 6-2	141	133
Musica 1-1	175	155	Música 7-2	141,25	157
Musica 5-1	114	126	Música 9-2	140	137,5
Musica 7-1	147	131	Música 8-2	125	110

Fuente: Laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC (2020)

### III.5 Tratamiento estadístico de los resultados

En primer lugar, señalar que los datos de las mediciones se han anotado e incorporado paralelamente, a mano alzada y con registro digital, tanto en las tabletas de anotación manual respectivas con las Fichas de Seguimiento del Animal o FSA de cada grupo de estudio (recordemos, localizadas en el ANEXO V0) dispuestas en las bandejas a color correspondientes a cada conjunto con su distintivo identificativo como en la matriz estadística provisional preparada al efecto, de la que se da cuenta en el ANEXO VIII0 de este documento.

Es muy interesante facilitar la labor de coordinación de las mediciones obtenidas entre el personal de laboratorio del HCSC y su incorporación al programa SPSS V23, que irán introduciendo paralelamente con la intención de agilizar al máximo el estudio y valoración estadísticos de los datos y apreciaciones resultantes.

En cuanto a las pruebas neuroconductuales:

0) Comparativa entre pruebas neuroconductuales sobre test OF y test SF.

En primer lugar, reflejar una limitación importante de entrada en el experimento; aquí la comparativa ofrecida, se realiza con una (Camada 1b) de crías de un grupo de control anterior donde los animales son

absolutamente normales y no han sido separados de la madre en ningún momento ni estimulados con las 2 horas con silencio que estaban prescritas, es decir, no se ha producido, como hubiera sido lo indicado, haber contado con una (camada 1a) donde las crías si hubieran sido separadas de sus madres para ser expuestas a 2 horas de estimulación de silencio como estaba previsto.

La conclusión más evidente, entre otras, es que el efecto de esa separación de la madre y las 2 horas de estimulación con silencio no ha sido contemplada, lo que supone claramente una limitación importante del estudio, que podrá valorarse en el apartado IV.1 de discusión.

1) Con la camada "GC" se valora test OF con variable: "entradas al centro".

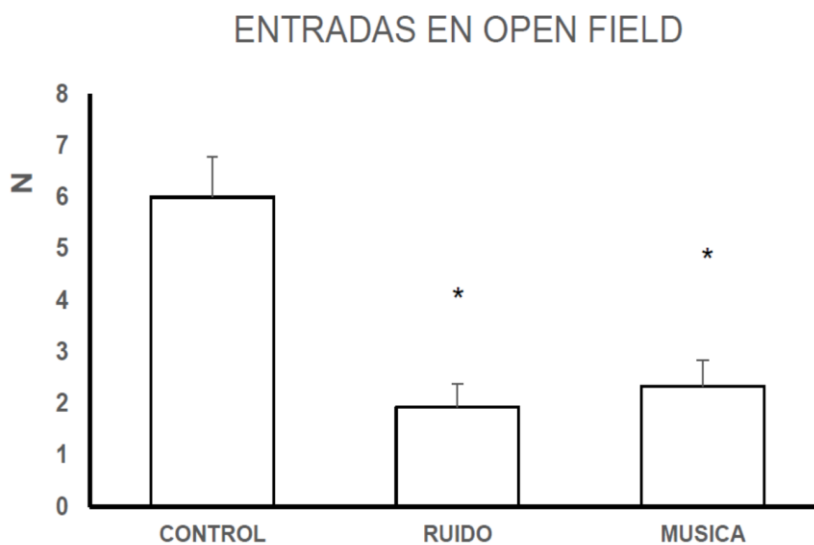
De esta manera, la estadística se valora siempre con una ANOVA de comparación múltiple mediante test de Bonferroni (comentado con anterioridad, donde (\*) supone una significación de  $p < 0.05$  al comparar con el GC).

Los animales expuestos a R y M tienen menos entradas en el campo abierto, indicando que la manipulación y la separación de la madre durante la prueba ha sido suficiente para generar un aumento de ansiedad generalizado en las dos camadas al llegar a adultos. Si que es cierto que la camada expuesta a M muestra una tendencia a una menor ansiedad (traducida en mejor respuesta en el medio) que los sujetos de la camada expuesta a R. Sin embargo, la diferencia no es estadísticamente significativa.

Se pone de manifiesto el problema de la falta de tiempo que ha habido, al no contar con una camada 1a que tuviera a sus crías con 2 horas al día de separación de la madre en la jaula de estimulación con S.

Por tanto, la camada estimulada con M los sujetos ofrecen una tendencia a una menor ansiedad que los expuestos a R en esta prueba, pero el resultado no tiene significación estadística, posiblemente por no haber desarrollado el experimento de la forma prevista e indicada que hubiera sido utilizar protocolo exacto con la camada 1a.

Gráfico 26: Comparativa de entradas al centro en OF



Fuente: Laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC (2020)

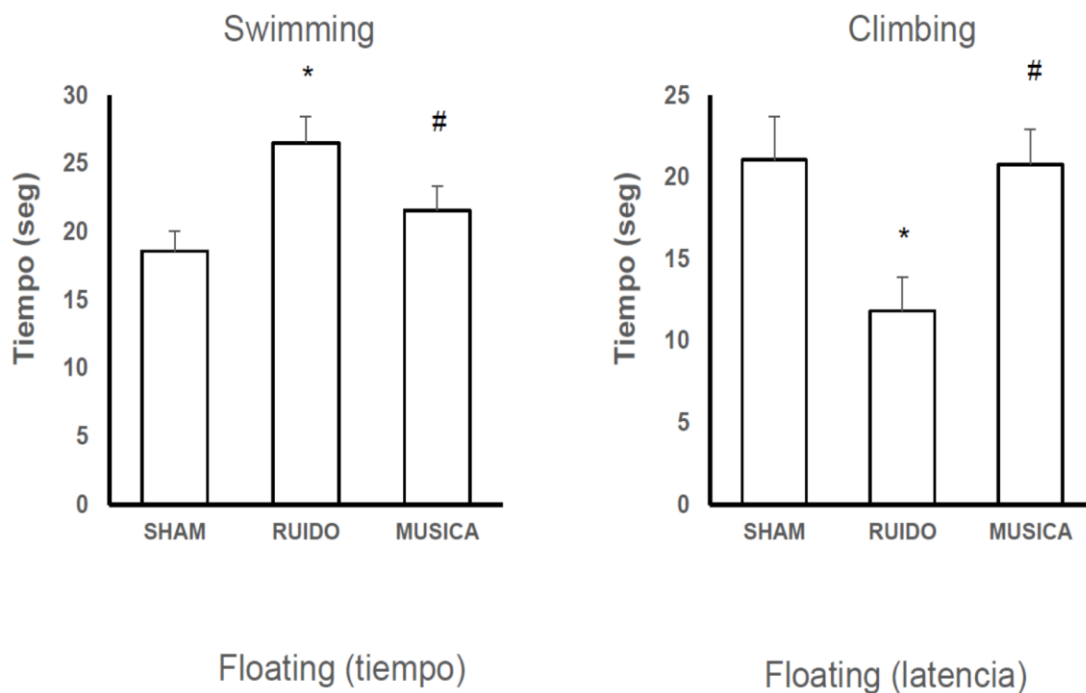
Reiteramos, la tendencia de los estimulados con M ofrece mejor respuesta en el medio que la de los estimulados con R pero sin relevancia estadística. Véase Gráfico 26.

2) Con la camada “GC” se valora test de NF: agua - variables: trepar / nadar / flotar.

Los animales expuestos a R están más tiempo nadando, pero menos tiempo trepando o en situación de *climbing* (alpinismo). Este último indicador, es más específicamente un test de huida, que apunta, tras su análisis y valoración, que los animales estimulados con R reflejan menos repuesta de huida (lucha) al estar deprimidos. En conclusión, se puede sugerir que el mayor tiempo de natación puede ser más producto de hiperactividad, pero que la reducción del tiempo trepando sugiere un evidente componente depresivo que claramente es menor en la camada estimulada con M.

Es decir, los estimulados con R trepan menos que con M, lo que sugiere que los animales estimulados con R están más deprimidos, ya que estimular con R ofrece peor respuesta del animal al medio. Véase Gráfico 27.

Gráfico 27: Comparativa del Swimming y *Climbing* en NF



Fuente: Laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC (2020)

En consecuencia, los animales expuestos a M normalizan estas respuestas, haciendo que se comporten con respuestas análogas a los sujetos del GC (recordemos, camada con sujetos que no han sido separados de la madre), es decir, invierten significativamente más tiempo trepando.

Esto resulta de suma relevancia porque en la *prueba de OF* (campo abierto), y también en el computo temporal de flotación inerte o en situación de *floating* (flotar), tanto los sujetos de las camadas estimuladas con R como los estimulados con M, se comportan igual. Esta circunstancia evidencia o sugiere, que su separación materna y ese período de estrés que supone esta circunstancia, tienen efectos a largo plazo sobre la ansiedad y cierto componente depresivo.

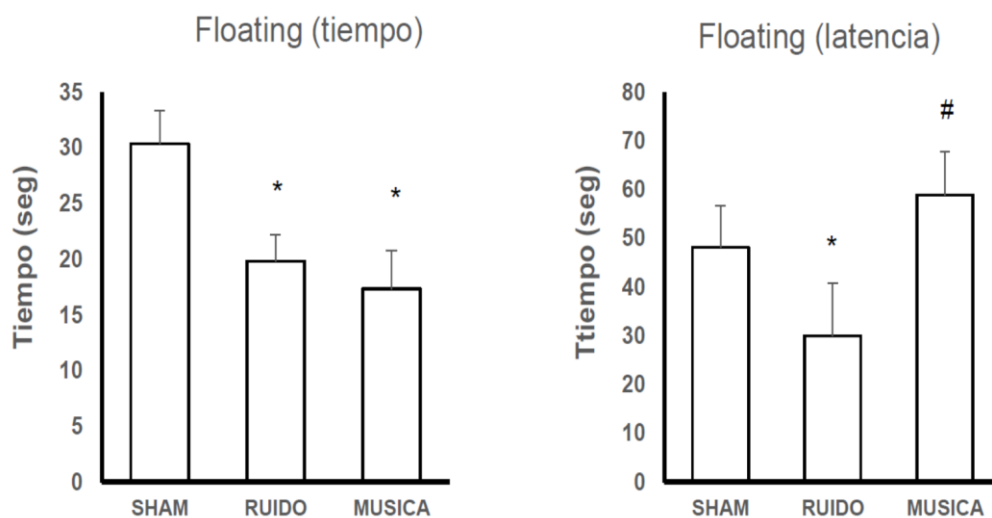
En definitiva, el hecho de separar a los sujetos de la madre, independientemente de la estimulación recibida, evidencia efectos significativos a largo plazo sobre la ansiedad y cierto componente depresivo. En consecuencia, separar a los sujetos de la madre les perjudica en su etapa adulta.

Aquí no se aporta gráfica estadística, sin embargo, se trata de un hecho suficientemente contrastado en la literatura científica.

A pesar de ello, los animales expuestos a M no presentan la conducta de desesperanza que sugiere la reducción de tiempo trepando o en la situación de *climbing* (alpinismo), lo que evidencia un efecto positivo directo de la exposición con M, y más aún, cuando confirmamos esta circunstancia con los datos de latencia. Es decir, el tiempo que tardan en dejar de moverse o quedarse flotando inertes. Este tiempo es menor en los animales estimulados con R (para algunos autores de la literatura científica de referencia, este indicador es más predictivo de conducta depresiva que el hecho en sí de un mayor tiempo en el que puedan estar flotando), por tanto, la estimulación con M normaliza esta respuesta.

Por tanto, los animales estimulados con M trepan más, y junto a los hechos de latencia, es decir, que tardan más tiempo en llegar a la situación de abandono (flotar), evidencian menos ansiedad y componente depresivo que los sujetos estimulados con R. En consecuencia, la estimulación con M ofrece mejor respuesta del animal al medio. Véase Gráfico 28.

Gráfico 28: Comparativa en situación de *floating* en NF



Fuente: Laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC (2020)

Es decir, los estimulados con M tardan más tiempo en llegar a flotar y los estimulados con R flotan más tiempo.

En conclusión, extrapolar este modelo a su posterior aplicación con los neonatos pretérmino tendría sentido, pues las pruebas neuroconductuales realizadas en laboratorio clínico arrojan evidencias significativas sobre:

- a) Se confirma el hecho de que la separación de la madre y su consecuente exposición al estrés, que es lo que tendrían todos los prematuros por el mero hecho de estar ingresados en una incubadora, tiene efectos perjudiciales a largo plazo, aumentado ansiedad y respuestas depresivas en referencia a sus etapas posteriores.

Este hecho de separar a los neonatos pretérmino de la madre, confirma la evidencia de efectos perjudiciales a largo plazo, con aumento de la ansiedad y respuestas depresivas. Separar a los niños prematuros de la madre les perjudica en su etapa posterior.

- b) Sin embargo, la experimentación de laboratorio ha indicado que se consigue un efecto claramente beneficioso con la música, como así evidencian también las respuestas de los sujetos en las pruebas neuroconductuales cuando se les ha proporcionado la exposición con las estimulaciones con M.



Luego entonces, el hecho de estimular a los neonatos pretérmino con M indica evidencias de efectos beneficiosos a largo plazo para combatir el aumento de la ansiedad y respuestas depresivas. En consecuencia, estimular a los niños prematuros con M les ayuda y produce beneficio en su etapa posterior.

En cuanto a las pruebas histológicas:

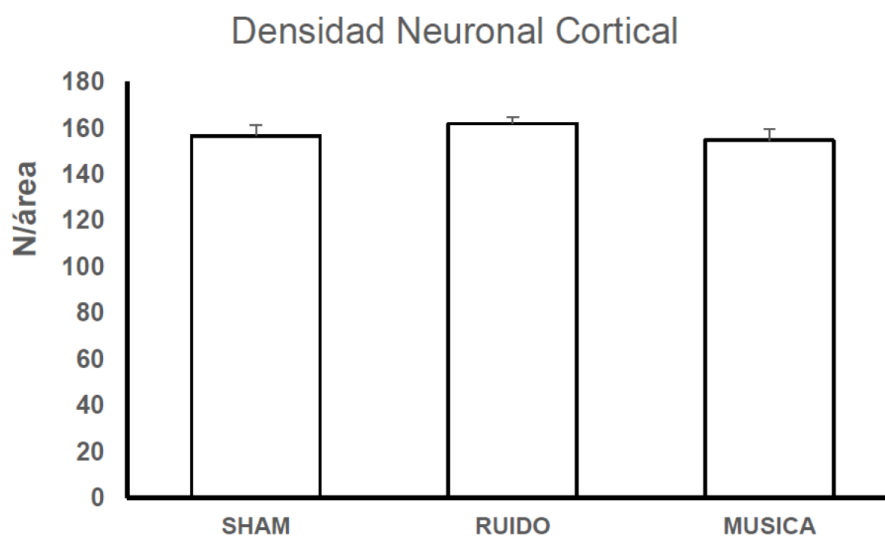
Dos zonas cerebrales (corteza prefrontal y corteza parietotemporal) estudiadas tanto en hemisferio izquierdo como en derecho de cada sujeto de cada grupo de experimentación con la variable de la densidad neuronal (muerte celular).

No hay diferencias en la densidad neuronal entre los diferentes grupos, lo que indica que las diferencias antes comentadas en las pruebas neuroconductuales se deberían más a alteraciones funcionales (de circuitos de neurotransmisores) que a un daño físico sobre el tejido cerebral.

En conclusión, no hay diferencias en la densidad neuronal entre los diferentes grupos. Es decir, no hay más daño cerebral por el hecho de estimular de diferente forma. Véase Gráfico 29.

Sin embargo, ello no significa que no haya habido alteraciones funcionales importantes, que es lo que si evidencia la experimentación realizada.

Gráfico 29: Comparativa de la densidad neuronal entre camadas



Fuente: Laboratorio nº 5 de la FIB del HCSC (2020)

En conclusión, no hay diferencias en la densidad neuronal de los grupos de experimentación por el hecho de estimular con M y/o R.

### III.6 Proyección prospectiva al enfoque neonatal humano

En conclusión, desde lo que representa este estudio de tesis como paso importante que envuelve la dirección del diseño *MUCANE* para incubadoras neonatales, conocemos cuál debe ser la proyección del desarrollo metodológico para camadas de rata Wistar aquí presentado. Se trataría de implementar la base científica de los avances desarrollados por el modelo de diseño experimental presentado al haber reconocido e identificado evidencias científicas suficientes para su aplicación con neonatos pretérmino.

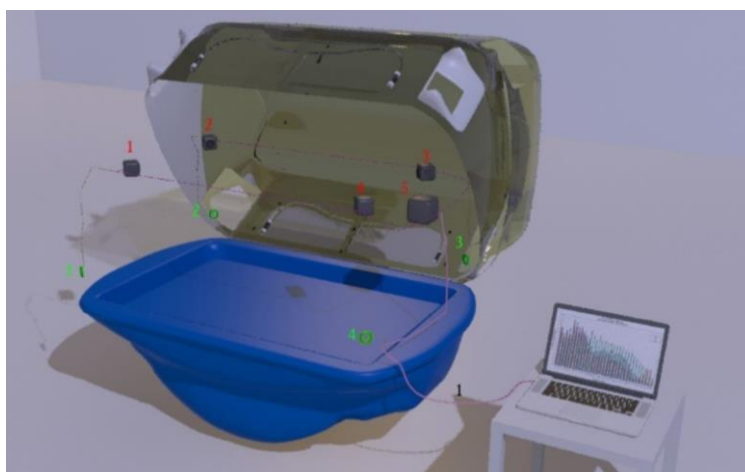
Para ello, hemos diseñado los aspectos preliminares del subsistema específico de neuroestimulación musical que aborda el diseño del primer sistema independiente y complementario para el tratamiento de *estimulación musical* (en rojo) que puede aportarse a las máquinas incubadoras actuales,

independientemente de la marca y modelo de cualquier UCIN, sea cual sea el hospital de referencia que tenga estos servicios neonatales.

Por otro lado, también se presenta el esbozo teórico del otro subsistema, el *subsistema con ANC* (en verde), que todavía con una dimensión prospectiva, se ve siempre alimentado por los pequeños avances, en ocasiones muy lentos pero seguros, del equipo de trabajo externo y paralelo a los propios recursos del HCSC de Madrid. De esta manera, ambos sistemas aparecen ubicados en un diseño 3D proporcionado para una mejor y más detallada visualización en el ANEXO IXa de este documento.

A través de esta simulación de diseño 3D, se da forma aproximada a la conjunción de ambos subsistemas comentados. Por un lado, el *sistema de ANC* o de cancelación activa de ruidos conformado a nivel teórico de uno hasta cuatro canceladores de sonido (1, 2, 3 y 4); y por otro, el de audio musical, que viene representado desde uno hasta cinco altavoces (1, 2, 3, 4 y 5). El cableado (1) simula conectar ambos subsistemas a un equipo exterior ubicado en el Área Técnica de la UCIN. Véase Figura 31.

Figura 31: Subsistemas del diseño MUCANE para neonatos



Fuente: Domínguez Bello (2016)

Cabe señalar finalmente, que la instalación requerida para un proyecto de esta envergadura está catalogada como de baja tensión<sup>171</sup>. Según el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, donde se establecen las condiciones técnicas y garantías que se debe reunir en una instalación de estas características, preservar la seguridad de las personas y los bienes, asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios y contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de la instalación.

Este subsistema musical complementario debería ponerse en marcha pero no antes de considerar algunos elementos metodológicos necesarios:

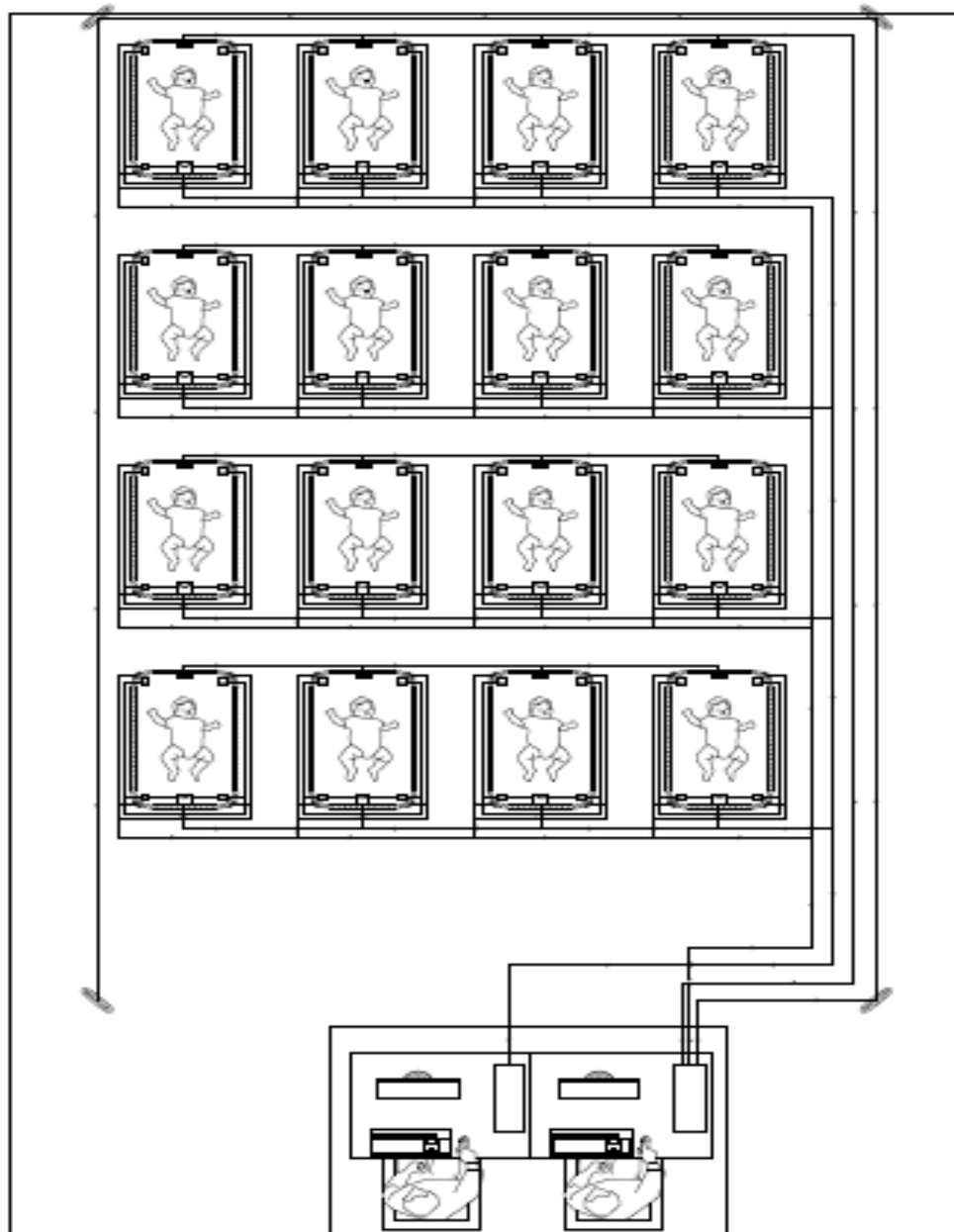
- Se debe establecer previamente un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego con criterios de inclusión: recién nacidos pretérmino de 25-28 semanas de edad gestacional ingresados en la UCIN del HCSC.
- El *sistema arquitectónico complementario MUCANE* (cables, altavoces y demás aparatos técnicos) será el mismo en todas las incubadoras de la UCIN (tanto para el grupo muestra, como para el grupo de control) para no contaminar el estudio, de tal forma, que excepto el equipo de trabajo del proyecto, nadie...ni familiares (excepto los informados) y ni el resto de personal sanitario tengan por qué apreciar diferenciación física alguna en las distintas incubadoras neonatales. Para mejor visualización puede consultarse el ANEXO Xc de este documento. Véase la Figura 32.

---

<sup>171</sup> Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

- Los criterios de exclusión: malformaciones del área craneo-facial, cromosomopatías, infección connatal, deben quedar definidos.
- Autorización previa mediante la Ficha de Consentimiento de padres, preparada al efecto.

Figura 32: Sistema arquitectónico del diseño MUCANE para UCIN



Fuente: Domínguez Bello (2017)

En cuanto a las variables de estudio:

A) Estrés. Se recogerá la media diaria de las siguientes variables cuantitativas:

Frecuencia cardíaca (latidos por minuto), medida a través de monitor.

Frecuencia respiratoria (respiraciones por minuto), medida a través de monitor.

Tensión arterial media (mm Hg), medida a través de monitor.

B) Crecimiento<sup>172-173</sup>. Se recogerá los días 0, 5, 9 y 14.

Peso en gramos, sin decimales.

Longitud: en centímetros, un decimal.

Perímetro craneal: en centímetros, un decimal.

C) Desarrollo. Escala de Bayley <sup>174</sup> (proporciona índice mental e índice psicomotor).

D) Maduración: Escala de Neurodesarrollo de Denver I<sup>175</sup> (motricidad, lenguaje y área social).

E) Aprendizaje: Cinesiológica de Zafeirious<sup>176</sup> (reflejos primitivos y reacciones posturales).

F) Tipología RN: Idéntico perfil para ambos grupos (control y muestra).

---

<sup>172</sup> Watson, E.H. (1984:192-196): establece los estándares de crecimiento y desarrollo del niño.

<sup>173</sup> Ballard, J.L. *et al.* (1999: 417-423): proponen un nuevo Ballard Score, ampliado para incluir a los bebés extremadamente prematuros.

<sup>174</sup> Con 244 ítems para valorar desde recién nacidos hasta los 30 meses de edad. Usado y validado en prematuros.

<sup>175</sup> Valora la motricidad gruesa, motricidad fina, lenguaje y área social desde las dos semanas hasta los 6 años.

<sup>176</sup> Zafeirious, D. (1984: 192-196): evalúa los reflejos primitivos y las reacciones posturales propias para un buen examen del desarrollo neurológico.

Elaborar un cuadrante por neonato/a de cada grupo, donde aparezcan como mínimo estos indicadores:

- Necesidad de Ventilación Mecánica: si/no.
- Necesidad de CPAP: si/no.
- Sepsis neonatal: si/no.
- Uso de gentamicina mayor de 5 días: si/no.
- Ductus arterioso persistente: si/no.
- Otras cardiopatías: si/no.
- Enterocolitis necrotizante: si/no.
- Retinopatía de la prematuridad: si/no.

El análisis estadístico se realiza a través del programa SPSS versión 23.0. o similar.

En cuanto a los conflictos éticos del estudio:

Para garantizar la seguridad se fijan los siguientes conflictos y las soluciones a los mismos. Véase Tabla 30.

Tabla 30: Conflictos éticos MUCANE para neonatos pretérmino

RIESGO	SOLUCIÓN
Sepsis neonatal.	Altavoz higienizable y micrófono estéril (conseguidos en Alemania y Japón, respectivamente). Se dispone la esterilización regular del mismo cada 24 horas.

Sobreexposición sonora a intensidad superior a 60 dBA.	Sonómetro externo parametrizable con alarma o testigo luminoso (conseguido en Reino Unido).
Derivado del sistema de conexión por cable del sistema de cancelación sonora y audio musical envolvente.	Chequeo diario por parte del Responsable de Enfermería. Chequeo semanal por parte de la Unidad de Electromedicina.
Choque térmico de la unidad central del dispositivo de cancelación sonora.	Provisto de sistema de autoapagado. Chequeo semanal por parte de la Unidad de Electromedicina.

Fuente: Elaboración adaptada de Carabaño y Ares (2016)

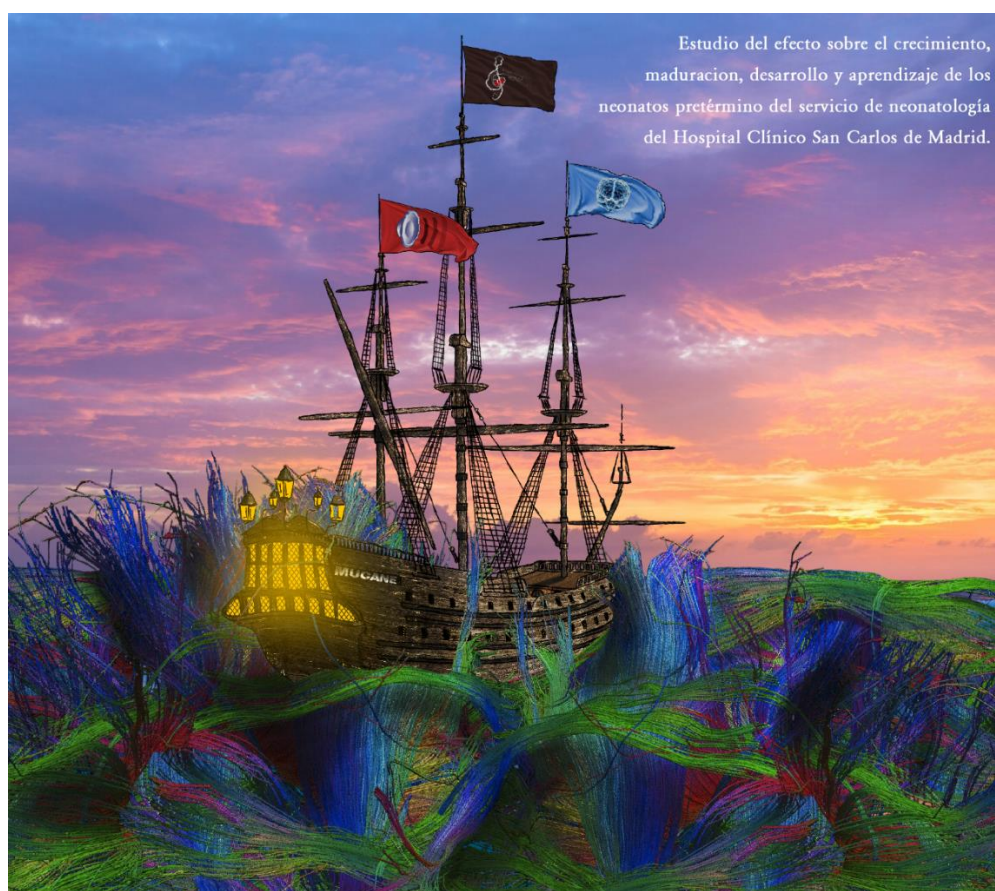
En cuanto a la conclusión sobre la solución de los conflictos éticos se estiman las siguientes consideraciones:

- La cancelación sonora no implica daño sobre el neonato y genera grandes beneficios.
- La estimulación musical a intensidad menor de 60 dB ha demostrado no ocasionar perjuicio sobre el neonato/a, sino todo lo contrario, es muy beneficioso para la normalización y mejora de su neurodesarrollo.
- El establecimiento de un correcto programa de esterilización periódica de los dispositivos que protocolariamente lo necesitan (altavoz higienizable y micrófono estéril) de ambos subsistemas, minimiza el riesgo de sepsis neonatal hasta un riesgo equiparable al del grupo de control.



Otro aspecto destacable y siempre perseguido es la financiación. En este sentido, seguimos trabajando para subir la propuesta *MUCANE* en forma de proyecto consolidado en una plataforma de *crowdfunding*. En conclusión, finalizar exponiendo que el Proyecto *MUCANE* para neonatos pretérmino pretende implementar un sistema específico y complementario de neuroestimulación sonora y/o musical que potencie la normalización y mejora de su desarrollo neurológico, y pueda aplicarse, en cualquier incubadora neonatal de cualquier UCIN de cualquier hospital con estos servicios. Los diseños en cuanto a la imagen del proyecto planteados en este recorrido investigador se encuentran en el ANEXO IXc, ANEXO IXd, ANEXO IXe de este documento. Véanse Figura 33, Figura 34 y Figura 35, respectivamente.

Figura 33: Imagen *MUCANE* para la neonatos pretérmino del HCSC



Fuente: Domínguez Bello (2016)

Figura 34: Imagen MUCANE para rata Wistar

## NEUROESTIMULACIÓN SONORO/MUSICAL SIN PRECEDENTES

DESARROLLO METODOLÓGICO EN LABORATORIO CON RATAS WISTAR COMO PASO PREVIO PARA SU APLICACIÓN CON NEONATOS PRETÉRMINO

Emilio Mateu Escribano  
Programa de Doctorado de Artes y Humanidades: Leguaje y Cultura  
URJC Madrid

**RESUMEN:**  
El desarrollo de esta composición se ubica en la implementación del ensayo clínico en laboratorio que tiene previsto realizarse con ratas wistar, como paso previo para la fundamentación y aplicación que se pretende llevar a cabo en el estudio posterior del efecto sobre el crecimiento, maduración, desarrollo y aprendizaje de los recién nacidos de riesgo pretérmino del Servicio de Neonatología del Hospital Clínico San Carlos de Madrid. Este primer paso tiene la proyección de ser dirigido a los neonatos pretérmino de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del mencionado hospital, pues sería de enorme relevancia, comprobar que ocurre en este momento gestacional al ofrecer una neuroestimulación musical específica al tiempo que empiezan a desarrollarse las primeras señales eléctricas en el cerebro de estos niños y niñas prematuros.

**OBJETIVOS:**  
Crear un procedimiento científico descriptivo completo e innovador que proporcione la fundamentación teórico-práctica necesaria para apoyar su posterior implementación con neonatos pretérmino entre la semana 25 a la 28 de la UICIN del HCSC.

**RESULTADOS (PREVISIBLES):**  
Las expectativas que ofrece el estudio se ubican en una triple vertiente. La médica permitirá estudiar variables básicas y específicas. La musical atenderá a la perspectiva acústica y artística de la música. La técnica proporcionará integrar un sistema envolvente de audio sonoro y/o musical. En conjunto, los resultados esperados demostrarán que la estimulación musical potencia la normalización y mejora del neurodesarrollo del animal, y la estimulación con ruidos provoca alteraciones y desajustes en su comportamiento y aprendizaje.

**CONCLUSIONES:**  
En consonancia con la discusión de los resultados nos proponemos ofrecer evidencias científicas que permitan reflejar patrones científico-descriptivos durante el crecimiento, maduración, desarrollo y aprendizaje con ambas estimulaciones con el objetivo principal de proyectar posteriormente este ensayo clínico.

**MATERIALES Y METODOS:**  
Este desarrollo incorpora una doble estimulación sonora y/o musical. En primer lugar, se van a establecer tiempos de exposición de 30 minutos al día repartidos en tres momentos de 10 diferenciados. La estimulación musical se proporcionará en función de la etapa gestacional relacionada con los hitos de desarrollo auditivo fetal humano. La estimulación sonora la utilizaremos en función de una selección de los focos sonoros registrados y grabados de todos los aparatos susceptibles de producir ruido en la mencionada Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del HCSC donde nos proponemos proyectar este estudio. Contamos con un equipamiento técnico y un prototipo de laboratorio de acústica para llevar a cabo un ensayo clínico aleatorizado doble ciego en el laboratorio de Investigación biomédica del hospital. En consecuencia, dichos animales serán expuestos a estimulaciones sonora y/o musicales para comprobar posteriormente el efecto de éstas a través de pruebas neuroconduictuales y de histología.

**REFERENCIAS**  
Almeida, C., Marmelo, V., Danick, G., Guimarães, S. (2013). Animal models of anxiety disorder and stress. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 35: S101- S111.  
Suzuki, D. & Akhromov, K. (2013). Effects of different frequencies of music on Mood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. *Neuroscience Letters*, 497, 58-60.  
Lorenz, A. (2003). *Neurocognitio creativa*. Método Noobell-Robbins. DIALNET. *Rev. Musicologica*, 25:15-20.  
Sánchez Gil, M. (2006). Capacidad comunicativa del sonido embriónico S1 en la producción poblacional radiónica en España. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias de la Comunicación. URJC. Madrid.

**Hospital Clínico San Carlos**  
SaludMadrid  
Comunidad de Madrid

Fuente: Domínguez Bello (2019)



Figura 35: Imagen MUCANE para ratón Black 6

## NEUROESTIMULACIÓN SONORO/MUSICAL SIN PRECEDENTES

DESARROLLO METODOLÓGICO EN LABORATORIO CON RATONES COMO PASO PREVIO PARA SU APLICACIÓN CON NEONATOS PRETÉRMINO

Emilio Mateu Escribano  
Programa de Doctorado de Artes y Humanidades: Leguaje y Cultura  
URJC Madrid

**RESUMEN:**  
El desarrollo de esta composición se ubica en la implementación del ensayo clínico en laboratorio que tiene previsto realizarse con ratones; variante de investigación o cepa C57BL/6 (Black 6), como paso previo para la fundamentación y aplicación que se pretende llevar a cabo en el estudio posterior del efecto sobre el crecimiento, maduración, desarrollo y aprendizaje de los recién nacidos de riesgo prematuro del Servicio de Neonatología del Hospital Clínico San Carlos de Madrid. Este primer paso tiene la proyección de ser dirigido a los neonatos pretérmino de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del mencionado hospital, pues sería de enorme relevancia, comprobar que ocurre en este momento gestacional al ofrecer una neuroestimulación musical específica al tiempo que empiezan a desarrollarse las primeras señales eléctricas en el cerebro de estos niños y niñas prematuros.

**OBJETIVOS:**  
Crear un procedimiento científico descriptivo completo e innovador que proporcione la fundamentación teórico-práctica necesaria para apoyar su posterior implementación con neonatos pretérmino entre la semana 25 a la 28 de la UGIN del HCSC.

**RESULTADOS (PREVISIBLES):**  
Las expectativas que ofrece el estudio se ubican en una triple vertiente. La médica permitirá estudiar variables básicas y específicas. La musical atenderá a la perspectiva acústica y artística de la música. La técnica proporcionará integrar un sistema envolvente de audio sonoro y/o musical. En conjunto, los resultados esperados demostrarán que la estimulación musical potencia la normalización y mejora del neurodesarrollo del animal, y la estimulación con ruidos provoca alteraciones y desajustes en su comportamiento y aprendizaje.

**CONCLUSIONES:**  
En consonancia con la discusión de los resultados nos proponemos ofrecer evidencias científicas que permitan reflejar patrones descriptivos durante el crecimiento, maduración, desarrollo y aprendizaje con ambas estimulaciones con el objetivo principal de proyectar posteriormente este ensayo clínico.

**MATERIALES Y MÉTODOS:**  
Este desarrollo incorpora una doble estimulación sonora y/o musical. En primer lugar, se van a establecer tiempos de exposición de 30 minutos al día repartidos en tres momentos de 10' diferenciados. La estimulación musical se proporcionará en función de la etapa gestacional relacionada con los hitos de desarrollo auditivo fetal humano. La estimulación sonora la utilizaremos en función de los focos sonoros registrados y grabados de todos los aparatos susceptibles de producir ruido en la mencionada Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del HCSC donde nos proponemos proyectar este estudio. Contamos con un equipamiento técnico y un prototipo de laboratorio de acústica para llevar a cabo un ensayo clínico aleatorizado doble ciego en el laboratorio de investigación biomédica del hospital. En consecuencia, dichos animales serán expuestos a estimulaciones sonora y/o musicales para comprobar posteriormente el efecto de éstas a través de pruebas neuroconductuales y de histología.

**REFERENCIAS:**  
Ahnig, C., Marnado, V., Henck, C., Gutierrez, S. (2015). Animal models of anxiety disorder and autism. *Revista Colombiana de Psicología*, 35, 508-511.  
Lizaso, A. (2013). *Musicoerapia con niños*. Madrid: Nodoff Robbins. *DIALNET. Rev. Musicoerapia*, 23(45-20).  
Sancho Coll, M. (2016). *Español: Características del sonido electrónico S.L en la producción publicitaria radiofónica en España*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias de la Comunicación. URJC Madrid.

**Black 6**

Fuente: Domínguez Bello (2018)

## **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES GENERALES**

### **IV.1 Análisis de los resultados y su discusión**

En primer lugar, desde un punto de vista técnico, 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 09 del apartado II.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 11, 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 nº 19 (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 diseño experimental 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. En consecuencia, y a tenor del rendimiento obtenido durante las pruebas, se puede aseverar 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 perjudicial (Almadhoob y Ohlsson, 2015). Dicho efecto no tiene por qué ocurrir, pero si lo hiciera y pudiera incorporarse la Música como elemento neutralizador (Pölkki y Korhonen, 2012), nunca se elevaría por encima del abanico aproximado de 57,8 dB A 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.

Por otro lado, prueba del buen funcionamiento del modelo de diseño experimental presentado son los magníficos resultados obtenidos con los animales de experimentación. Sin embargo, como apuntábamos con anterioridad en el apartado III.5 sobre la interpretación estadística que ofrecen éstos, existe una limitación importante del experimento basada en la experimentación con una (Camada 1b) de crías de un GC anterior donde los animales son absolutamente normales y no han sido separados de la madre en ningún momento, ni estimulados con las 2 horas con S dentro de la jaula como

estaba prescrito. Por tanto, no se ha podido, como hubiera sido lo indicado, contar con una (camada 1a) donde las crías si hubieran sido separadas de sus madres para ser expuestas a 2 horas de estimulación de silencio como estaba previsto.

En consecuencia, se llega a una conclusión inicial destacable, de entre otras que quizás puedan extraerse, y es que el efecto de esa separación de la madre y las 2 horas de estimulación con S no ha sido contemplado, lo que supone claramente una limitación de cierta relevancia en el estudio.

De la misma manera, situándonos en los resultados de las pruebas neuroconductuales, concretamente en el test de OF, una primera conclusión la encontramos en la camada estimulada con M donde los sujetos ofrecen una tendencia a una menor ansiedad que los expuestos a R en esta prueba, pero el resultado no tiene la suficiente significación estadística, posiblemente por no haber podido desarrollar el experimento de la forma previamente planteada que hubiera sido utilizar protocolo exacto con la camada 1a.

Una segunda conclusión evidente, es que los sujetos estimulados con R trepan menos que con M, lo que sugiere que los animales estimulados con R están más deprimidos, ya que estimular con R ofrece peor respuesta del animal al medio. En cambio, los animales expuestos a M normalizan estas respuestas, haciendo que se comporten con respuestas análogas a los sujetos del GC.

Esto resulta muy relevante, porque tanto en la *prueba de OF*, como en el computo temporal de flotación inerte o en situación de *floating*, los sujetos de las camadas estimuladas con R, como los estimulados con M, se comportan igual.

Esta circunstancia sugiere (J. Álvarez *et al.*, 2008) que su separación materna y ese período de estrés que supone esta circunstancia tienen efectos a largo plazo sobre la ansiedad y cierto componente depresivo.

Pese a todo lo expuesto anteriormente, los animales expuestos a M no presentan la conducta de desesperanza que sugiere la reducción de tiempo trepando o en la situación de *climbing* (alpinismo), lo que evidencia un efecto positivo directo de la exposición con M, y más aún cuando confirmamos esta circunstancia con los datos de latencia, donde el tiempo invertido es menor en los animales estimulados con R y, por tanto, la estimulación con M normaliza esta respuesta.

Por ello, una tercera conclusión es que los animales estimulados con M trepan más, y junto a los hechos de latencia, evidencian menos ansiedad y componente depresivo que los sujetos estimulados con R. En consecuencia, la estimulación con M ofrece mejor respuesta del animal al medio.

En resumen, y extrapolando estos datos en la dirección de aplicar este modelo de diseño experimental con los neonatos pretérmino (ya no de forma prospectiva, sino como evidencias científicas derivadas de la experimentación realizada), las pruebas neuroconductuales realizadas en laboratorio clínico arrojan evidencias significativas sobre el hecho de que la separación de la madre y su consecuente exposición al estrés, que es lo que tendrían todos los niños prematuros por el mero hecho de estar ingresados en una maquina incubadora, tiene efectos perjudiciales a largo plazo, aumentado ansiedad y las respuestas depresivas en referencia a sus etapas posteriores, entre otras variable de referencia (Almadhoob y Ohlsson, 2015).



En consecuencia y debido a la masiva literatura científica consultada (Hall 1934b; Pellow *et al.* 1985; Rogers *et al.* 1997a; Carobrez y Bertoglio 2005; Becerra-García *et al.* 2007; Blanco *et al.* 2009; Polanko *et al.*, 2011) todos estos argumentos conforman con evidencias científicas una cuarta conclusión muy sólida a la hora de realizar un ejercicio de extrapolación entre ratas neonatas y neonatos pretérmino que se representa en el hecho de que separar a los neonatos pretérmino de la madre, confirma la evidencia de efectos perjudiciales a largo plazo, con aumento de la ansiedad y respuestas depresivas. Sin embargo, la experimentación de laboratorio ha indicado que se consigue un efecto claramente beneficioso con la música, como así evidencian las respuestas de los sujetos en las pruebas neuroconductuales cuando se les ha proporcionado la exposición con las estimulaciones con M.

Una quinta conclusión reside en el hecho de estimular a los neonatos pretérmino con M, pues se indican evidencias de efectos beneficiosos a largo plazo para combatir el aumento de la ansiedad y respuestas depresivas, entre otras variables de mejora (Pölkki y Korhonen, 2002). En consecuencia, estimular a los niños prematuros con M les ayuda y produce beneficio en su etapa posterior.

En cuanto a las pruebas histológicas, una conclusión final muy relevante es que en los sujetos estudiados no hay diferencias en la densidad neuronal entre los diferentes grupos. Es decir, no hay más daño cerebral por el hecho de estimular de diferente forma, por ejemplo, con R. Sin embargo, ello no significa que no haya habido alteraciones funcionales importantes, que es lo que evidencia la experimentación sin ningún género de dudas.

Otro elemento de discusión es la idoneidad del recurso empleado, la rata Wistar, que bajo nuestra perspectiva ha sido totalmente indicado. Si el objetivo principal de este modelo de diseño experimental era evaluar los cambios que se podían producir en las respuestas fisiológicas del organismo de estos animales, entendemos que el objetivo se ha cumplido. Además, está el hecho documentado y referido a las características del oído de este animal en sus primeros días postnatales. Recordemos que en su día 3 postnatal daba comienzo la diferenciación de las células ciliadas y las fibras aferentes para la culminación de su inervación con las células sensoriales de su órgano de Corti, derivado del crecimiento de los procesos periféricos de las fibras aferentes del ganglio espiral (Sobkowicz, 1992), y se puede discutir y entrar a valorar si el mayor daño neurotóxico potencialmente previsto que se sitúa aproximadamente en torno al día 6 postnatal no llegó a producirse en este modelo, pues coincidió con la finalización de la fase de estimulación planteada.

En este sentido, es interesante apuntar que la organización que la música ofrece a las camadas de ratas Wistar, y por proyección al bebé pretérmino, viene determinada por la elección de los elementos musicales que se manejan en la intervención. Al encontrarnos en una modalidad pasiva, se tenía que cuidar muy especialmente el resultado final, pues la elección musical no obedece, por ejemplo, a la “mera intuición” del músico a la hora de tocar, ni a la elección de la partitura que se va a interpretar, sino a algo mucho más profundo, elaborado y sutil como es la observación e integración de todos los componentes musicales al uso terapéutico y todo ese cuidado e intención se intentó transmitir, y así es como lo entendemos, ocurría y se reproducía cada

vez que se ponía en funcionamiento el audio musical en nuestra jaula de experimentación.

Por ello, 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 avanzados<sup>177</sup>, 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. 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 trabaja en espacios pequeños y 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).

---

<sup>177</sup> Existen programas informáticos con herramientas avanzadas para crear mezclas envolventes con hasta 384 pistas de audio como el ProTools Ultimate con multitud de plugins de una calidad extraordinaria. Recuperado de <https://www.avid.com/pro-tools-ultimate> [Confirmado el 20,11,2019].

Por último, quedaría discutir, derivado de la preparación y tratamiento realizados y de las futuras estimulaciones musicales en el experimento de laboratorio clínico con ratas neonatas Wistar, si existirían diferencias sustanciales entre la aplicación real afinada con M 440 Hz y otra posible afinada a M 432 Hz, para así poder estimar convenientemente la validez, eficacia y eficiencia de ambas estimulaciones.

Sería obligado 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".

#### **IV.2 Conclusiones sobre Hipótesis y Objetivos planteados**

En primer lugar, apuntar las conclusiones más destacadas en referencia a las hipótesis planteadas:

Sin duda, en todo momento ha existido la inquietud por descubrir qué había de cierto sobre las valoraciones del efecto del modelo de diseño experimental planteado en contexto de laboratorio, pero, al mismo tiempo, considerando la posibilidad de que pudiera servir de herramienta viable y eficaz que favoreciese

las condiciones ambientales de las salas neonatales. En particular, respecto del desarrollo neurológico de la población diana, e incluso que dichos resultados en un recorrido más ambicioso también pudieran extrapolarse a otros ámbitos, como el curricular y pedagógico. De esta manera, todo ello podría servir para sistematizar las tareas de optimización de los aprendizajes y capacidades en la etapa de EP, conformando con nitidez una dirección a seguir y la expresión máxima de lo que se pretendía conseguir.

En definitiva, la finalidad era y es materializar a través del modelo de diseño experimental propuesto una respuesta que en su reflexión inicial tenía la consideración de provisionalidad, pero que, una vez obtenidos los resultados de las pruebas de laboratorio, consiguen fortalecer con carácter definitivo la respuesta final a la pregunta inicial o problema de investigación originariamente planteado. Esto es, necesitamos realizar, por un lado, la verificación de si esta propuesta ha sido válida para reflejar la incidencia directa entre las estimulaciones sensoriales sonoras y/o musicales establecidas, y por otro, el desarrollo o no de la normalización y/o mejoras en referencia a las potencialidades o capacidades en los sujetos de las diferentes camadas de rata Wistar involucrados en la experimentación.

En consecuencia, antes de atender a la triple dimensión que conformaba nuestra hipótesis de partida, pongamos en valor y ajustemos las conclusiones en referencia a las subhipótesis planteadas en la experimentación llevada a cabo.

Derivado del apartado III.3.5.4 rechazamos la hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA y proyectamos a través del test de comparaciones múltiples de Bonferroni el contraste de subhipótesis y la

interpretación estadística de todos los resultados del apartado III.5 de este capítulo.

En este sentido, de las tres pruebas realizadas (dos neuroconductuales y una prueba de histología) planteamos unas subhipótesis que plasmarán el punto de partida en referencia a la literatura consultada (Can *et al.*, 2012; Petit-Demouliere, Chenu y Bourin, 2005; Borsini *et al.*, 1986; Porsolt, Le Pichon y Jalfre, 1977), donde la prueba de *Focerd Swimming Test* resultaba, en principio, la más interesante de valorar una vez obtenidos los resultados.

De esta manera quedaban plantean las hipótesis (alternativas) con su desglose referenciado y totalmente acotado.

En la Hipótesis 1, se planteaba si podían existir diferencias significativas en cuanto al tiempo dedicado al “*climbing*” en función de haber recibido una estimulación sonora con M, R o S (GC), y a través de sus subtipótesis (Hipótesis 1a: El grupo que recibió estimulación M utiliza un tiempo media mayor dedicado al “*climbing*” que el grupo de estuvo expuesto a R e Hipótesis 1b: El grupo que recibió estimulación musical utiliza un tiempo media parecido dedicado al “*climbing*” que el GC) se concluye que sí, que todas estas premisas planteadas tiene, una respuesta afirmativa, es decir, se cumplen.

De la misma forma, la Hipótesis 2, que planteaba si existen, diferencias significativas en cuanto al tiempo de latencia en función de haber recibido una estimulación sonora con M, R o S (GC), muestra a través de sus subhipótesis (Hipótesis 2a: El grupo que recibió estimulación M invierte un tiempo media

mayor dedicado a la latencia que el grupo de estuvo expuesto a R e Hipótesis 2b: El grupo que recibió estimulación M invierte un tiempo media parecido dedicado a la latencia que la camada GC), concluyendo nuevamente que sí, que todas estas premisas planteadas tiene, una respuesta afirmativa, es decir, también se cumplen.

Misma cuestión que se aborda en la Hipótesis 3, donde nos preguntábamos si existen, diferencias significativas en cuanto a la distancia recorrida en función de haber recibido una estimulación sonora con M, R o S (GC) mediante sus subhipótesis (Hipótesis 3a: el GC recorrió una distancia media mayor que los grupos que estuvieron expuestos a R y M, e Hipótesis 3b: el grupo que recibió estimulación musical recorrió una distancia media parecida al grupo que se estimuló con R), volviendo a concluir que sí, que todas estas premisas planteadas tiene una respuesta afirmativa, es decir, nuevamente se cumplen.

Y por supuesto, de la misma manera respecto de la Hipótesis 4, donde establecíamos la cuestión de si existen, diferencias significativas en cuanto a la densidad de neuronas de las zonas estudiadas en función de haber recibido una estimulación sonora con M, R o S mediante las subhipótesis (Hipótesis 4a: el GC tiene una densidad media de neuronas parecida a los grupos que estuvieron expuestos a R y M, e Hipótesis 4b: el grupo que recibió estimulación M tiene una densidad media parecida de neuronas que el grupo que fue estimulado con R), concluyendo finalmente que sí, que todas estas premisas planteadas tiene una respuesta afirmativa, es decir, se cumplen.

Como observación relevante y diferenciadora de esta Hipótesis 4, es oportuno apuntar que nuestras reflexiones iniciales nos llevaron por intuición a

considerar de esta manera dicha hipótesis, pues entendíamos que no tendría que evidenciarse daño físico en función de la estimulación recibida, pues si había algún tipo de incidencia o efecto, ésta necesariamente se identificaría con una base ciertamente más de carácter funcional, y no representada por esta variable de densidad de neuronas o muerte celular.

La conclusión final ha resultado manifiestamente clara y satisfactoria. Todas y cada una de las hipótesis y subhipótesis planteadas en este modelo de diseño experimental se han cumplido en previsión de nuestras expectativas, sin duda, la mayor prueba del éxito en la configuración de nuestros planteamientos iniciales.

En consecuencia, en referencia a nuestra hipótesis general de partida (Selltiz et al,1974) la primera dimensión de ésta, en la que se planteaba una hipótesis teórica basada en si el supuesto efecto que se pretende potenciar se sustenta a través del marco teórico planteado, la conclusión es afirmativa.

Todos los planteamientos abordados que se ofrecen desde la estimulación sonora y/o musical de nuestra investigación se apoyan en la revisión bibliográfica y documental, rigurosa, coherente y profunda que se ha llevado a cabo, donde se ha puesto de manifiesto que el desarrollo o desajuste de las capacidades que se presuponían se han visto reflejadas a través del estado de ansiedad y potencialidades motrices de las ratas neonatas participantes en el experimento de estimulación, principalmente concretadas en las evidencias de su actividad locomotora, asumiendo la consecuente asociación, huella o



registro internos en su organismo, producto de un mayor o menor desarrollo de actividad cerebral.

En cuanto a la segunda dimensión de la hipótesis general que marcaba en la práctica la definición de una propuesta de pruebas neuroconductuales y de inmunohistoquímica ligadas a un experimento de estimulación sensorial en la que se generen indicadores de comportamiento suficientes, volvemos a concluir que, efectivamente, se ha cumplido con esas premisas en el experimento realizado y que cabe proyectar (ya no de manera prospectiva) sus evidencias científicas en la dirección adecuada para proporcionar, afianzar y consolidar unas mejoras sustanciales en las condiciones ambientales de las salas neonatales a favor de la población diana comprometida.

Y por supuesto, aquí ya en un terreno más complejo e incierto, que se diera una proyección de carácter más global donde se identificaran y aplicaran los resultados y evidencias científicas conseguidos en este experimento de laboratorio a la organización y funcionamientos de otros ámbitos diferentes al exclusivamente sanitario, como el curricular o pedagógico, donde la Educación Musical ocupe el lugar formativo que le corresponde, pues ha quedado demostrado que la música es un elemento principal que apoyada ahora con los resultados expuestos en esta investigación, debería ser estimada con un peso específico mayor en los currículos oficiales de las etapas escolares obligatorias.

Y finalmente, desde el planteamiento de la tercera dimensión de la hipótesis general, una vez recogido el diseño de investigación teórico planteado, y su

posterior implementación, si cabe, ofrecer un ejercicio de reflexión y sensibilización a la Sociedad en general, y a la Comunidad Educativa en particular, para que la música como propuesta curricular principal pueda ser contemplada de forma viable, sostenible y pueda sistematizarse con la suficiente estabilidad a nivel institucional educativo a través de una mayor consideración, implicación y compromiso de todos los agentes sociales involucrados en la educación obligatoria de los escolares de nuestro país.

En cuanto a los objetivos planteados, después de asumir el profundo ejercicio de reflexión inicial realizado a través de los interrogantes formulados en el apartado 1.4 del capítulo de introducción de este documento, y especialmente derivado de este proceso continuo de reflexión, nos lleva a concluir que el objetivo general planteado, que no era otro que estudiar el efecto o incidencia directa de las estimulaciones sonoras y/o musicales realizadas mediante un análisis de cuantificación entre los grupos muestra respecto a un grupo de control con evaluaciones doble ciego donde se objetiven al máximo los resultados obtenidos, ha mostrado evidencias científicas relevantes del valor indiscutible que supone la música en cualquier contexto para incidir en él de forma favorable, incluso en circunstancias de laboratorio clínico, donde no podemos obviar el valor humano que la música posee (Willens, 1975), ni de la educación musical que la sirve, como herramienta vital para la construcción y formación integral de la personalidad de los niños, en cualquiera de sus tramos de etapa obligatoria escolar.

Por tanto, en cuanto a las conclusiones sobre los objetivos específicos planteados, pasamos a exponer a continuación lo que entendemos se ha conseguido desde este estudio:

1.A.- Construir un marco teórico multidisciplinar que establezca los conceptos básicos referidos al ámbito de aplicación investigado.

Se ha cumplido.

1ª Conclusión: Se ha dotado al documento de una sólida base conceptual muy documentada en cada una de las vertientes de las que el estudio era objeto, por lo tanto, se trata de un objetivo que se ha cumplido.

1.B.- Elaborar e implementar un proyecto con un desarrollo metodológico experimental utilizando la Música frente al Ruido.

Se ha cumplido.

2ª Conclusión: Se ha elaborado y entregado un documento de desarrollo metodológico inicial para ratas Wistar en la FIB del HCSC. Ese documento ha sido aprobado consecutivamente por el Comité de Ética Animal (CEA) de dicho HCSC, así como por el CEA la URJC. Los certificados de ambos se adjuntan en el anexo 0a) APÉNDICE de este documento. Dichos documentos suponen el primer paso del reconocimiento del proyecto y su autorización oficial para implementarlo, con lo que podemos afirmar que este objetivo se ha cumplido en su totalidad.

1.C.- Describir los estados de ánimo y actividad motriz de los sujetos en función de las estimulaciones recibidas y las pruebas neuroconductuales realizadas.

Se ha cumplido.

3ª Conclusión: Se ha abordado la descripción específica atendiendo a la literatura científica consultada en referencia a la ansiedad y actividad motriz de los sujetos de experimentación con respecto a las pruebas de *OF* y *NF* que se han llevado a cabo obteniendo evidencias científicas sobre los resultados. Por tanto, este objetivo también se ha cumplido.

1.D.- Establecer correlaciones entre las diferentes camadas sujetas a la misma o distinta estimulación en función de las pruebas neuroconductuales realizadas.

Se ha cumplido.

4ª Conclusión: Se ha llevado a cabo una batería de subhipótesis donde se ponen de manifiesto las correlaciones entre las distintas camadas de experimentación respecto a las pruebas neuroconductuales realizadas. En este sentido, todas las relaciones y correlaciones implicadas en función de la estimulación recibida han quedado suficientemente matizadas. Por ello, este objetivo también se ha conseguido.

1.E.- Analizar la posible asociación entre las zonas cerebrales estudiadas y la incidencia de las estimulaciones recibidas.

No se ha podido ratificar, al no poder confirmarse producto de la limitación temporal.

5ª Conclusión: Respecto de las pruebas de histología, y principalmente derivado de las demoras administrativas que autorizaban el comienzo del proyecto, la falta sobrevenida de una pieza averiada en el aparato de RMFi encargado de hacer visibles estas incidencias en las zonas cerebrales involucradas y los establecimientos temporales asumidos para la entrega del

depósito de tesis donde los tiempos, generalmente, tanto para el HCSC como para la URJC no han sido todo lo coincidentes que cabría esperar, pero entendiéndolo, por supuesto desde este estudio, que este conjunto de circunstancias se ha originado por razones ajenas a su voluntad, podemos afirmar que este objetivo finalmente, no se ha podido confirmar.

1.F.- Elaborar un tratamiento estadístico de los resultados obtenidos.

Se ha cumplido.

6ª Conclusión: Respecto al tratamiento estadístico de los resultados que han sido abordados en el apartado III.5 del capítulo anterior, se proporciona una información detallada de los mismos. Por tanto, este objetivo si lo hemos conseguido.

1.G.- Valorar las posibilidades reales respecto a su extrapolación a otros ámbitos de aplicación.

De momento, entendemos que se ha podido cumplir parcialmente.

En principio, es pronto para valorar la viabilidad a corto plazo de una proyección o implantación inminente. Pero, también es cierto, que existe el compromiso y disposición de la UCIN del citado hospital para poder llevarlo a la práctica lo antes posible. Respecto a otros ámbitos es necesario esperar algún tiempo para ver la acogida y proyección reales del experimento que hemos realizado.

7ª Conclusión: Respecto al tratamiento estadístico de los resultados que han sido abordados en el apartado III.5 del capítulo anterior, se proporciona un

conjunto de datos que informan detalladamente de los mismos. Por tanto, este objetivo si lo hemos conseguido.

1.H.- Realizar un ejercicio de reflexión y sensibilización hacia la Comunidad Científica, Académica y Educativa sobre el valor y la importancia que la Música tiene como elemento formativo de primer orden, y la reafirmación de los aspectos nocivos sobre la contaminación sonora.

En principio, debemos esperar para obtener valoraciones de su impacto. En general, se trata del objetivo más ambicioso y complejo donde una proyección o implantación no nos resultan inminentes. En cualquier caso, está totalmente justificado y cabe ese ejercicio profundo de reflexión y sensibilización hacia otros sectores.

8ª Conclusión: Solo se ha puesto en valor que ambos ejercicios de reflexión y sensibilización, caben. Este estudio ha visibilizado y representado una realidad que no se está tomando suficientemente en serio y tiene sus repercusiones. No obstante, tenemos la firme convicción que con esta pequeña contribución se puede facilitar el tránsito hacia un camino que curse en la dirección deseada.

De este modo, a través de estas metas, confirmamos la finalidad e importancia de este trabajo de investigación en nuestra disciplina. Esperamos, en cualquier caso, haber obtenido unas bases documentadas sólidas que permitan la formulación de principios de trabajo útiles, no solo para la mejora

de las condiciones ambientales de la población diana, sino que además supongan un potente estímulo para la docencia musical, e incluso, sirvan de estímulo profesional para otros investigadores interesados en la temática. Expresar, finalmente desde nuestra posición, que debemos mantener siempre la prudencia en nuestras expectativas, esperando haber ofrecido y generado mayor grado de conocimiento en este terreno de investigación.

### **IV.3 Conclusiones sobre Modelo Experimental establecido**

Desde un punto de vista del tratamiento y proceso metodológicos, la grabación de todos estos elementos (Ruidos = R y Música = M) se lleva a cabo por separado y en distintas fases, lo que supone un trabajo laborioso y pormenorizado de cada uno de los elementos.

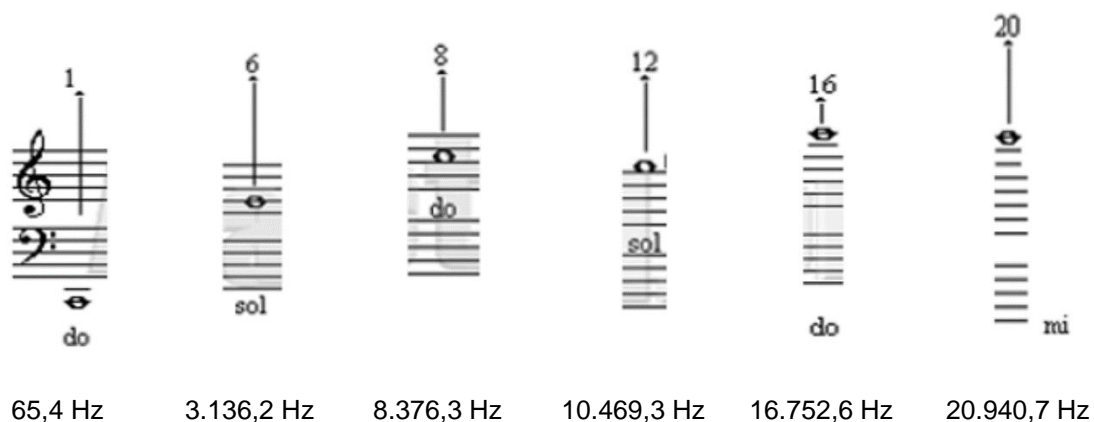
En este sentido, existe una 1ª conclusión inicial, se trata de un trabajo serio y profesionalizado, realizando una grabación digital con frecuencia de muestreo estándar a 44.100 Hz y una resolución de 16 bit, con micrófonos tanto direccionales como omnidireccionales. Tanto la parte de R como de M tienen una duración de 10 minutos (planificación inicial) / 2 horas (planificación final) en formato *WAVE* y son los mismos para las dos líneas experimentales presentadas.

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.

Aquí tenemos una 2ª conclusión. Solo se ha experimentado con M 440 Hz en la estimulación. En consecuencia, aunque la hemos incluido, no la hemos utilizado en este experimento. Por tanto, queda pendiente su evaluación de forma comparativa con respecto a la afinación de 440 Hz en una fase posterior de estimulación.

Esta comparativa es muy interesante poder hacerla, y más, sabiendo el funcionamiento de la Serie Armónica<sup>178</sup> (recordemos, fenómeno físico cuyo concepto se basa en la sucesión de sonidos armónicos que se producen al vibrar una cuerda o una columna de aire y cómo se va desglosando su serie armónica). En realidad, están sonando todos sus armónicos refiriendo cada uno de los sonidos concomitantes o armónicos suyos con un número, que equivale al puesto que ocupa en la serie, teniendo la mitad de volumen o intensidad que el anterior, pero el doble de frecuencia que el primero, el triple que el segundo, y así sucesivamente. En consecuencia, aparte de sus implicaciones en la Armonía e Historia de la Música, esto hace que la serie armónica de cualquier nota musical se prolongue indefinidamente, pudiéndose

<sup>178</sup> Véanse en el ejemplo los armónicos resultantes.



Modificado y adaptado de Grüner, C (1998)



escuchar solamente los armónicos que quedan dentro del registro audible para el oído humano, aproximadamente entre 16 y 20.000 Hz (Grüner,1999). Es decir, en el armónico 20 del ejemplo, las personas no podemos oírlo. No obstante, las ratas Wistar de este experimento sí podrían, pues su agudeza auditiva es sensiblemente mayor a un espectro de armónicos con límite superior que aproximadamente se sitúa en torno a unos mínimos de 50.000 y unos máximos de 80.000 Hz.

Por otro lado, 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 ha afinado todos los instrumentos a 432 Hz como frecuencia de referencia, y se usa 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). De la misma manera, para 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.

En definitiva, surge una 3ª conclusión. Todo el conjunto anterior, caracteriza la grabación y mezcla de la música como muy cuidada para llevar la máxima calidad y calidez en la reproducción de audio posterior.

Además, las seis composiciones musicales, indistintamente, son susceptibles de aplicarse a los momentos sustanciales o críticos de los hitos del desarrollo auditivo fetal (Barrio Tarnawiecki, 2000), ubicándose éstas (por

sus características rítmico-musicales) a partir de la semana 24 de gestación, por cada uno de ellos.

Aquí tenemos una 4ª conclusión. Este procedimiento no ha sido utilizado anteriormente con este enfoque si observamos la literatura científica consultada.

Como se ha informado, se ha comprobado que 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 dB A y 60 dBA del experimento (Garreta, 2017). Esto supone trabajar con la presión sonora más baja de todas las encontradas en la UCIN del HCSC.

Para ello, se procede a realizar en laboratorio clínico una campaña de medidas que aseguran que la reproducibilidad está garantizada (Calderón, 2019), al comparar los niveles de ruido grabados y reproducidos en la jaula o mesa de experimentación diseñada para ratas neonatas, en comparación con los ruidos que realmente existen en las incubadoras neonatales.

Por tanto, la mesa de trabajo experimental se conforma con los elementos presentados en el apartado III.3.4 y proporcionan un conjunto monofónico de alta calidad, que supone una 5ª conclusión, pues no ha habido tampoco recinto de estimulación aproximado o parecido en el análisis de la literatura científica consultada.

#### **IV.4 Dificultades de la Investigación**

En primer lugar, cabe señalar lo largo y sinuoso que ha resultado todo el recorrido investigador hasta llegar a su depósito de tesis. Resulta destacable apuntar los innumerables y variados obstáculos que hemos ido encontrando en el camino. Sin embargo, también nos hemos sentido apoyados en el esfuerzo debido a una numerosa batería de recursos personales y materiales que lógicamente, se han ido descubriendo y matizando en el transcurso de dicha andadura.

Un aspecto de especial dificultad lo hemos relacionado con el trabajo multidisciplinar que se desprendía. Mucha inversión de tiempo para conocer mejor sus lenguajes y funcionamientos internos, a pesar de que siempre hemos tenido la sensación de ir superando las dificultades y de que el estudio fuera poco a poco evolucionando a nuestro favor.

Otro aspecto destacable ha residido en las labores de coordinación entre las diferentes vertientes y cómo éstas se han visto condicionadas, lógicamente, por los ritmos y protocolos de trabajo, así como el replanteamiento de objetivos sobrevenidos desde el HCSC.

Desde un plano más constructivo, derivado de este estudio surgen otras líneas de investigación que tendrían que ver con desarrollar proyectos de esta naturaleza contando para las estimulaciones sensoriales auditivas con los sistemas de sonido envolvente actuales (Sánchez Cid, 2009), pues otorgan confort a la audición, con lo que el componente emocional se vería extraordinariamente reforzado.

Paralelamente se podría considerar la utilización de algunos de los softwares altamente sofisticados que existen en el mercado (también se podría “crear” uno propio) para la estimulación auditiva neurosensorial. Desde el punto de vista metodológico, se podría utilizar, por un lado, el MATLAB para extraer diseños espectrales propios derivados de las estimulaciones musicales realizadas, y por otro, aplicar test de integración sensorial (neuromotor y procesamiento sensorial) y los relacionados con el componente afectivo-social con el fin de hacer un análisis de correlación entre las estimulaciones musicales recibidas y el efecto que tienen éstas sobre las funciones a evaluar.

Señalar también lo deseable que sería contar con nuevas metodologías que favorecieran la comprensión de la Educación Artística (y dentro de ella, la Educación Musical) en la Etapa de Educación Primaria para poder objetivar con más precisión los resultados obtenidos en estas propuestas de investigación, donde a través de instrumentos cuantitativos, como ha si se hace en el contexto clínico, se pudiera aportar mayor validez y fiabilidad a los resultados de estos estudios. En este sentido, la Educación Artística y la Educación Musical ganarían prestigio.

Otro aspecto interesante sería extrapolar este tipo de estudios a otras etapas y niveles educativos de forma sistemática, de tal forma, que la labor investigadora musical tuviera progresión y continuidad en otras esferas educativas igual de relevantes, tanto por debajo como por encima de la Etapa de Educación Primaria.

Por último, en referencia a este estudio, debemos reiterar nuevamente nuestra actitud de espera prudente, analizando sosegadamente su impacto y situando, y resituando futuras actuaciones, de tal forma que se pudiera extrapolar a contextos de aplicación similares.

Lo que de entrada parece claro, es que la aplicación del modelo de diseño experimental para laboratorio con camadas de rata Wistar aquí presentado es extrapolable y gozaría de validez para los contextos de las UCIN e incubadoras neonatales, mostradas las evidencias científicas de los resultados.

Para finalizar, efectivamente, el oído humano es el sentido potencialmente más desarrollado a nivel funcional. A los 38 días de gestación el embrión ya tiene formados dos de los tres huesecillos del oído medio, al 3º mes de gestación comienza la inervación del oído interno y su maduración prosigue hasta el 6º mes (24s, como edad gestacional propicia para estimulación sonora y/o musical), momento en el que el sistema es completamente funcional (Barrio Tarnawiecki, 2000).

Así, en un primer momento la percepción no es auditiva, ya que se trata de una percepción táctil y global, pero ésta evoluciona rápidamente. La escucha fetal es compleja y difiere mucho de la escucha aérea, sin embargo, su audición acuática le ofrece mucha información. Antes del nacimiento es capaz de apreciar sonidos y melodías. El oído del recién nacido no se abre de inmediato al mundo sonoro aéreo, sino que lo hará progresivamente en varias etapas, por adaptación puramente mecánica y posteriormente por la

maduración progresiva de su sistema nervioso, donde los ricos tonos de la voz humana se convierten en su sonido favorito.

La atracción que ejerce la música en el niño es inmediata y directa, y su respuesta a ella es espontánea, primero será la apreciación del elemento rítmico, después la del melódico y finalmente la percepción del aspecto tonal (Willens, 1975), aptitudes todas que pueden valorarse en los niños/as desde temprana edad. De esta manera, la infancia es una etapa crucial para estimular y potenciar el desarrollo de este sentido a través de la música, que además es directamente proporcional a su creciente plasticidad neuronal.

Si añadimos a estos argumentos, otros tantos elementos de discusión importantes, y todos derivados de la misma emoción, tales como la validez de las estimulaciones musicales planteadas, y más aún, referidas al orden y correspondencia con la ontogénesis embrionaria y fetal del sistema sensorial auditivo humano establecidos, el planteamiento inicial sugerido con las dos afinaciones propuestas, e incluso la eficacia de su *filtro MUCANE*, con el rango de frecuencias elegidas para elaborar sus melodías pero sin incorporar el enorme potencial de la resultante, solo podíamos esperar la finalización completa de este desarrollo experimental y su estudio aquí planteados, para poder considerar con el rigor suficiente lo, cierta, válida y eficaz que esta propuesta ha resultado ser.

En conclusión, es necesario mantener la prudencia, pero en referencia a la distinta afinación de las melodías como elemento que no hemos podido comprobar en la experimentación actual es interesante cerrar este capítulo, pues aseverar ahora que la música afinada a 432 Hz, volvemos a incidir en ello, puede resultar una estimulación más consistente, eficaz e intensa, que

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, lo reiteramos nuevamente, tampoco debería sorprendernos, pues, 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" (Sack, 2007), lo que supondría, sin duda, situarnos en otra verdadera revolución"

## **CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **V.1 Referentes bibliográficos y documentales**

Abel, S.M.: *Los efectos extra-auditivos del ruido y su molestia. Una revisión de la investigación*. Diario de otorrinolaringología, 19, (1): 1-13, 1990.

Academia Americana de Pediatría: *Ruido. Un peligro para el feto y el recién nacido*. Pediatría, 100 (4), 724-727, 1997.

Alcaraz Romero, V.M.: *Estructura y función del sistema nervioso: recepción sensorial y estados del organismo*. Ed. Guadalajara. Universidad de Guadalajara, Instituto de Neurociencias. México. 156-158, 2000.

Almadhoob, A. & Ohlsson, A.: *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 de enero de 2015 DOI: 10.1002 / 14651858.CD010333.pub2. [Confirmado el 17,01,2018].

Alline, C., Manoela, V., Fogac, A., Daniele, C. y Francisco, S.: *Modelos animales de trastornos de ansiedad y estrés*. Revista Brasileña de Psiquiatría. DOI: 10.1590 / 1516-4446-2013-1139. 35: S101-S111, 2013.

Allysa Knutson, J.: *Niveles de ruido aceptables para los neonatos de la Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal*. (Tesis Doctoral). Programa de Audiología y Ciencias de la Comunicación. Proyecto: Piedra Angular. Facultad de Medicina de la Universidad de Washington, 26, 2013.

Andrea Polanco, L., Vargas-Irwin, C. y Góngora, E.M.: *Modelos animales: Una revisión desde tres pruebas utilizadas en ansiedad*. Centro de Investigaciones en Bio-modelos: Laboratorio de Análisis Experimental del Comportamiento y Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Revista Suma Psicológica, Vol.18; nº 2. Colombia. 141-148, diciembre 2011.

Anichin, V.F., Ignatiuk, A.N. & Nekhoroshev, A.S.: *Efecto de ruido industrial y los antibióticos ototóxicos en la función auditiva del hombre*. Gigena i Santariia, (7): 42-43, 1993.

Attoui, N. et al.: *La musicoterapia modula la ansiedad inducida por el estrés provocado por el ruido en ratas Wistar macho*. Likebehavior Middle East. Journal of Science Research, 23 (3): 374-377, 2015.

Ballard, J.L., Khoury, J.C., Wedig, K., Wang, L., KillersWaalsman, B.L. & Lipp, R.: *New Ballard Score, expanded to include extremely premature babies*. *Pediatric Journal*. 417-423, 1999.

Bárbara Wipe, U., Maya Kuroiwa R., Paul, H. y Délano, R.: *Trastornos de la percepción musical*. Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de cabeza y cuello. Versión On-line ISSN 0718-4816. Vol.73, nº 2. Santiago de Chile. Agosto 2013.

Barrio Tarnawiecki C.: *Desarrollo de la percepción auditiva fetal: La estimulación prenatal*. *Pediátrica: Temas de revisión*. Vol.3, nº 2. 11-15, 2000.



Bayona, D., García, M., Sandoval, J. y Reyes F.: *Diseño e Implementación de una biomáquina para niños prematuros*. II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Bogotá, octubre de 2005.

Becerra-García, A. M., Madelena, A. C., Estanislau, C., Rodríguez-Rico, J. L. y Dias, H.: *Ansiedad y miedo: su valor adaptativo y desadaptaciones*. Revista Latinoamericana de Psicología, 39 (1), 75-81, 2007.

Bendor, D. & Wang, X.: *The cortical representation of tone in primates and humans*. Curr Opin Neurobiol, 16: 391-9, 2016.

Bevan, W.: *Sound-precipitated seizures*. Psicol Bull; 52: 473–504, 1955.

Blanco, E., Castilla-Ortega, E., Miranda, R., Begega, A., Aguirre, J.A., Arias, J.L. y Santín, L.J.: *Efectos de las lesiones de la corteza prefrontal medial en el comportamiento similar a la ansiedad en ratas restringidas y no restringidas*. Investigación del comportamiento del cerebro. 201 (2); 338-342, 2009.

Blood, A.J. & Zatorre, R.: *Very pleasant responses to music correlate with activity in the brain regions involved in reward and emotion*. Proc Natl Acad Sci USA. 98:11818-23, 2001.

Borsini, et al.: *"Does the behavioral "despair" test measure "despair?"*. Physiology Behavior. 38 (3): 385–386. doi:10.1016/0031-9384(86)90110-1, 1986.

Bravo, V. M. y Lucero, O.: *Análisis de la "Sonata para dos pianos K 448" y "El Efecto Mozart" que produce en los seres humanos* (Tesis doctoral) Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" México D.F., 2-63, 2009.

Bryan, K., Ian, Q. & Whisha W.: *Neuropsicología humana*. Editorial Médica Panamericana, Barcelona, 2006.

Borg, E: *Auditory thresholds with different tensions in rats of different ages. Study of behaviour and electrophysiology.* Hear Res 8: 101-15, 1982.

Botvinick, M., Jonathan, D.C. & Cameron, C.: *Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update.* DOI: 10.1016 / j. tics. 2004.10.003. Trends in Cognitive Sciences. 8 (12); 539-546, 2005.

Bruscia, K.E.: *Modelos de improvisación de musicoterapia.* Springfield, Ma. Thomas, 5. 1987.

Bruscia, K.E.: *Definiendo Musicoterapia.* Amaru. P. Salamanca, 29, 1997.

Bryan Kolb, I. & Whishaw, Q.: *Neuropsicología humana.* Editorial Médica Panamericana, Barcelona, 2006.

Brust, V., Philipp, M. & Schindler, L.: *Lifelong development of the behavioral phenotype in the house mouse.* Frontiers Journal of Zoology, 12 Supl. 1,17. 2015. Recuperado de <http://www.frontiersinzoology.com/content/12/S1/S17>. [Confirmado el 27,03,2018].

Busch-Vishniac, I. J., West, J. E., Barnhill, C., Hunter, T., Orellana, D. & Chivukula, R.: *Noise levels in Johns Hopkins Hospital.* J Acoust Soc Am. Dec; 118(6): 3629-45, 2005.

Can A. et al.: *"The Mouse Forced Swim Test". Journal of Visualized Experiments.* 59 (3638): e3638. doi:10.3791/3638. PMC 3353513. PMID 22314943, 2012.

Carobrez, A.P. y Bertoglio, L.J.: *Etológico y temporal. Análisis de un comportamiento similar a la ansiedad: el modelo elevado de laberinto 20 años después.* Neurociencias y revisiones del comportamiento biológico. 29; 1193-1205, 2005.

Castelhano-Carlos, M. J. y Baumans, V.: *El impacto de la luz, ruido, limpieza de las cubetas y transporte interno sobre el bienestar y estrés de las ratas de laboratorio* (revisión de la traducción del original al español). Instituto de Investigación de Ciencias de la Vida y de la Salud (ICVS), Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Minho, Campus de Gualtar, 4710-057. Braga, Portugal; y Departamento de Animales, Ciencia. y Sociedad, División de Laboratorio de Ciencia Animal, Universidad de Utrecht, Países Bajos. DOI: 10.1258/la.2009.0080098. *Animales de laboratorio*; 43: 311– 327, 2009.

Castrillón, B., Ajito, E., Barrios, A., Solórzano, E. y Tarrillo, J.: *Burbuja Artificial Neonatal (BAN)*. II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Bogotá, octubre de 2005.

Cetratelli, C. y Diaz Abrahan, V.: *Efecto de la música sobre la ansiedad y locomoción: estudio preliminar en roedores*. VI Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XXI. Jornadas de Investigación 10º Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología. Laboratorio de Psicología Experimental y Aplicada (PSEA), Instituto de Investigaciones Médicas (IDIM), CONICET. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 2014.

Comité Brambell: *Informe del Comité Técnico para investigar el bienestar de los animales mantenidos bajo sistemas intensivos de cría de ganado*. Oficina estacionaria de Su Majestad. Documento 2836. Londres, 1965.

Comité de Estándares y Junta Directiva de la Sociedad Española de Neonatología. *Niveles asistenciales y recomendaciones de mínimos para la atención neonatal*. *Anales de Pediatría*. Barcelona. 60 (1): 54-64, 2004.

Conferencia de Palermo: *Conclusiones sobre “La enseñanza musical en las escuelas públicas”*. Palermo, 1994.

Consejo Europeo de la Música: *Formación musical para todos: El derecho democrático a la formación incluye el derecho a la experiencia artística*. Bratislava, 1994.

Convenio del Consejo de Europa ETS 123. *Apéndice A: Pautas para el alojamiento y cuidado de los animales para experimentación e investigación científica*. (Consejo de Europa 1986; revisado en 2006, Estrasburgo). En <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/PDF/123-Arev.pdf>. [Confirmado el 25,03,2018].

Davis, J.E.: *Unidad de cuidado crítico: ruido y ojo rápido. Movimiento (REM)*. Unidad de sueño, corazón y pulmón. 22 (3): 252-258,1993.

Decreto 78/1999, de 27 mayo, *que regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid*. Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional. BOCM, 8 junio 1999, núm. 134, [pág. 13].

Decreto 55/2012, de 15 de marzo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece el régimen legal de *protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Madrid*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. BOCM, 22 de marzo de 2012, núm. 70, [pág. 10].

Decreto 89/2014, de 24 de julio, *del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el Currículo de la Educación Primaria*. B.O.C.M. Núm. 175. Pág. 10, viernes 25 de julio de 2014.

Délano, P.H.: *Sistema auditivo central. Atlas de cirugía otológica y otología mágica*. Volumen 1. Hermanos Jaypee. Ed. M.V. Goycoolea, 77-84, 2012.

Del Olmo, M<sup>a</sup> J.: *Musicoterapia con bebés de 0 a 6 meses en cuidados intensivos pediátricos*. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias de Medicina. UAM. Madrid, 93-94, 2009.

Directiva 86/609 / CEE: *Directiva sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en relación con la protección de animales utilizados con fines experimentales y otros fines científicos*. Unión Europea, 1986.

Dotaciones e infraestructura y aparataje de las unidades. Cartera de Servicios. Madrid. INSALUD, 2002.

Duncan, I.W.: *The effect of audiogenic crises in rats on adrenal weight, ascorbic acid, cholesterol and corticosteroids*. Journal Biol Chem. 229: 563–568, 1957.

Estalayo, V. y Vega, R.: *Inteligencia auditiva: Técnicas de estimulación prenatal, infantil y permanente*. Biblioteca Nueva. Madrid, 2005.

Fletcher, J.L.: *Influence of noise on animals*. McSheehy T. Ed. Laboratory Animal Handbook, 7. Huntingdon. Ltd: 1976: 51–62. Reino Unido, 1976.

García Del Río, M., Sánchez Luna, E., Doménech, M., Izquierdo Macián, A. Losada Martínez, J. & Perapoch, L.: *Review of standards and recommendations for the design of a neonatal unit. Review of standards and recommendations for the design of a neonatology unit*. Annals of Pediatrics; Volume 67, Issue 6, 594-602, December 2007.

Gardner, H.: *Estructuras de la mente. La teoría de las múltiples inteligencias*. Fondo de la Cultura Económica de España. México, 1987.

Gilbert, S.F. & Sunderland, M.A.: *Developmental Biology*. 4<sup>o</sup> Edición. Sinauer Associates, 2000.

Gilmor, T.M.: *El método Tomatis y la génesis de la escucha*. Pre-  
psicología, Vol. 4 (9) 26, 1989.

Gourevitch, G. & Hack, M.: *Rat Audibility*. PMID: 5969608. Med Line, 62 (2):  
289, 1966. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5969608>  
[Confirmado el 27,03,2018].

Griffiths, T.D., Buchel, C., Frackowiak, R. & Patterson, R.D.: *Análisis de es-  
tructura temporal del cerebro humano a través del sonido*. NAT Neurosci, 1:  
422-7, 1998.

Griffiths, T.D. & Warren, J.D.: *The Planum Temporale as a computer centre  
of stimuli*. Trends Neurosci. 25. 348-53, 2002.

Grout, D. & Palisca, C.V.: *Historia de la música occidental: la música  
europea desde la década de 1870 hasta la Primera Guerra Mundial*. Alianza  
Música. 3ª Edición. Madrid, 845-94, 2001.

Grumet, GW. MD.: *Resonancia: Pandemonium en el hospital moderno*. N  
Engl J Med. 328 (6): 433-437, 1993.

Gutiérrez, R.: *Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer  
acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas*. Bio-grafía. 7(13) 37-66,  
2014.

Hall, C.S.: Comportamiento emocional en la rata: Defecación y micción.  
Como medida de las diferencias individuales en la emocionalidad. Revista de  
Psicología Comparativa, 18; 385-403, 1934a.

Hall, C.S.: Impulso y emotividad: factores asociados de ajuste en la rata.  
Revista de Psicología Comparativa. 17; 89-108, 1934b.

Harazin, B., Grzesik, J., Pawlas, K. & Kozak, A.: *The effects of noise on  
vision efficiency Polish*. Journal of Occupational Medicine. 3 (2): 163-169, 1990.

Hernández Hernández, F.: *Investigación Basada en las Artes (IBA)*. Educatio Siglo XXI, n.º 26. Barcelona, 85-118, 2008.

Hernández-Molina, *et al.*: Análisis del ambiente sonoro en una unidad de cuidados intensivos de neonatología. XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica - TECNIACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre 2008. Laboratorio de Ingeniería Acústica. Universidad de Cádiz, Puerto Real, Cádiz, España. Recuperado de [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Cadiz18/AAM-3\\_004.pdf](http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Cadiz18/AAM-3_004.pdf) [Confirmado el 17,02,2019].

Hong, K., Myoung-Hwa, L., Hyun-Kyung, C., Taeck-Hyun, L., Hee-Hyuk, L., Min-Chul, S., Mal-Soon, S., Ran, W., Hye-Sook, S. & Chang-Ju, K.: *Influence of prenatal noise and music on spatial memory and neurogenesis in the developing rat hippocampus*. Brain and Development. 28: 109-114, 2006.

Jacobs, S.E., O'Brien, K., Inwood, S., Kelly, E. N. & Whyte, H.E.: *Outcome in babies 23-26 weeks gestation before and after the noise*. Pediatric Act. Vol.89, 959-965, 2000.

Jódar, M.: Trastornos del lenguaje y la memoria. Editorial UOC, 2005.

Jódar, M. y cols.: *Neuropsicología*. Barcelona, Editorial UOC, 2014.

José M., Novoa P., Marcela Milad, A., Guillermo Vivanco G., Jorge Fabres, B. y Rodrigo Ramírez F.: *Recommendations of organization, characteristics and operation in Neonatology Services or Units*. Rev Chil Pediatr 2009; 80 (2): 168-187. ISSN 0370-4106. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062009000200010>. [Confirmado el 15,03,2019].

Junqué, C. I. y Barroso, J.: *Neuropsicología*. Madrid, Ed. Síntesis, 2009.

Lapiente, R.: *Neuropsicología*. Madrid, Plaza Edición, 2010.

Kemper, K.J., Martin, K., Block, S., Shoaf, R. & Woods, C. *Attitudes and expectations about music therapy for premature infants on the staff of a Neonatal Intensive Care Unit*. *Alternative therapies in health and medicine*. Vol.10, 50-53, 2004.

Koelsch, S. & Siebel, W.A.: *Towards a neural base of musical perception*. *Cogn SCI Trends*. 9:578-84, 2005.

Koolhaas, J.M., Baumans, V., Blom, H.J.M., von Holst, D., Timmermans, P.J.A. & Wiepkema, P.R.: *Behavior, stress and well-being. Principles of laboratory animal science: a contribution to the humane use and care of animals and to the quality of experimental results*. Van Zutphen LFM, Baumans V, Beynen AC, eds. 2ª ed. Ámsterdam: Elsevier Sci-ence BV, 77-102, 2001.

March of Dimes, PMNCH, Save the Children, WHO. *Born Too Soon: The Global Action Report on Preterm Birth*. Eds Howson CP, Kinney MV, Lawn JE. World Health Organization. Geneva, 2012.

Martín, G.: *Recommended Standards for Newborn ICU Design*. *J Perinatol*. 23 (Suppl 1): 1-24, 2003.

Mateu Escribano, E.: *El cerebro musical en Educación Primaria*. (Trabajo Fin de Grado). Escuela Universitaria de Magisterio. Campus de Segovia "María Zambrano". UVA. Segovia, 2013.

Mateu Escribano, E.: *El Efecto Mozart en el 1er ciclo de Educación Primaria*. (Trabajo Fin de Máster). Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Departamento de Ciencias de la Educación, el Lenguaje, la Cultura y las Artes. URJC. Madrid, 2015.

Mendoza-Sánchez, R.S., Roque-Sánchez, R.H. y Moncada-González, B.: *Nivel de ruido en una institución hospitalaria de asistencia y docencia*.



Laboratorio de Inmunología. Facultad de Medicina de UASLP. Gaceta Médica nº 2, V01. México, 127, 2006.

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Informes, estudios e investigación: *Unidades de Neonatología: estándares y recomendaciones de calidad*. Centro de publicaciones Paseo del Prado, 18. NIPO: 680-14-147-2. Madrid, 30, 2014.

Moore, K.L., Persaud, T.V.N. & Mark Torchia, G.: *El desarrollo humano: embriología clínica*. Revisión de la 8ª edición: Martínez Álvarez, C. Departamento de Anatomía y Embriología Humana I. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. Elsevier España. Barcelona, 2008.

Moore, K.L. & Persaud, T.V.N. (15,11,2017): *Embriología clínica*, 7ª edición, Ed. Elsevier. Recuperado de [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-ologo/embriologia\\_del\\_oido\\_.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-ologo/embriologia_del_oido_.pdf). [Confirmado el 29,12,2018].

Moro Serrano, M., Almenar Latorre, A. y Sánchez Sainz-Trápaga C.: *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 nº 6, (46). Madrid, 534-537, 1997.

Mountcastle, V.B.: *The columnar organization of the neocortex*. NCBI, nº 120 (4), 701- 221,1997.

Muñoz del Mazo, E. y de la Torre Rísquez, A.: *Musicoterapia en Pediatría*. AEPap. Curso de Actualización Pediátrica. Lua Ediciones 3.0. Madrid, 217-24. 2016.

Nunez, M.J., Mana, P. & Linares, D.: *Música, inmunidad y cáncer*. Life Sci;71: 1047–57, 2002.

L. Schieve, L.H. *et al.*: Population impact of preterm birth and low birth weight on developmental disabilities in US children. *Ann Epidemiol*, 26. 267-274, 2016.

Le Doux, J.E., Sakaguchi, A. & Reis, D.: *The efferent subcortical projections of the medial geniculate nucleus through conditioned emotional responses to acoustic stimuli*. *Journal Neurosci*, 4. 683-98, 1984.

Lenoir, M., Bock, G.R. & Pujol, R.: *High susceptibility in the cochlea of puppy rats*. *Revista Physiol. París*, 75: 521-4, 1979.

Levitin, D.J. & Menon, V.: *Musical structure is processed in the brain areas of language: A possible role for area 47 or Brodmann in temporal coherence*. *Neuroimaging*. 20:2142-52, 2003.

Levitin, D.J.: *The rewards of listening to music: physiological response and connectivity of the meso-limbic system*. *Neuroimaging*. 28 (1): 175-84, 2005.

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de *Ordenación de la Edificación*.

Ley 16/2003, de 28 de mayo, de *cohesión y calidad del Sistema Nacional de Salud*. Jefatura del Estado «BOE» núm. 128, de 29 de mayo de 2003 Referencia: BOE-A-2003-10715.

Ley 37/2003, de 17 de noviembre, de *del Ruido*. Jefatura del Estado «BOE» núm. 276, de 18 de noviembre de 2003 Referencia: BOE-A-2003-20976. Texto consolidado: Última modificación: 7 de julio de 2011.

Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de *Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE)*. BOE Núm. 238, de 4 de octubre de 1990, 28927-28942, (derogada).

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de *Educación (LOE)*. BOE Núm. 106, de 4 de mayo de 2006, 17158-17207.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, *para la Mejora de la Calidad Educativa* (LOMCE). BOE Núm. 295, de 10 de diciembre de 2013, 97585-97921 (actualmente en vigor para la EP).

Ley 8/2013, de 26 de junio, *de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas*.

Libro Blanco de la Atención Temprana. Federación Estatal de Profesionales de Atención Temprana - GAT. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Real Patronato sobre Discapacidad, 2005.

López García, N., & De Moya Martínez, M.: *Documentos clave de la Unión Europea sobre Educación Musical en las enseñanzas obligatorias*. Revista Electrónica Complutense De Investigación En Educación Musical RECIEM, 14, 171-186, 2017. Recuperado de <https://doi.org/10.5209/RECIEM.52409> [Confirmado el 27,12,2018].

Lorenz, J.M.: *El resultado de la prematuridad extrema*. Seminario de Perinatología. Vol. 25.348-359, 2001.

Ochsner, K.N. & Gross, J.J.: *El control cognitivo de la emoción*. NdsCognSci. 9 (5); 242-249, 2005.

Oh, P. S. & Oh, S. J.: *What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview*. International Journal of Science Education. 33(8) 1109-1130, 2011.

Palmer, A.: *La intuición científica del arte: hacia una dimensión interdisciplinar de la Música*. Elementos y Procesos de Estructura y Forma (EPEF). Dykinson, 34, 2013.

Parlamento Europeo: Propuesta “*La Educación Musical es un derecho del ciudadano europeo*”. Acta 13 de noviembre de 1987. Bélgica. Bruselas, 1987.

Patterson, R.D., Uppenkamp, S., Johnsrude, E.S. & Griffiths T.D.: *The processing of temporal pitch and melody information in the auditory cortex.* Neuron, 36:767-76, 2002.

Pellow, S., Chopin, P., File, S.E. & Briley, M.: *Validation of open and closed arm entrances in an elevated maze as a measure of rat anxiety* Journal of Neuroscience Methods, 14: 149-167, 1985.

Pérez Arrollo, R.: *La práctica artística como investigación, propuestas metodológicas.* Prólogo de Fernando Hernández Hernández, Alpuerto, Madrid,14, 2012.

Peretz I, & Coltheart, M.: *Modularity of music processing.* Nature Neuroscience, 6 (7): 688-91, 2003.

Petit-Demouliere, B., Chenu, F. & Bourin, M.: *"Forced swimming test in mice: a review of antidepressant activity"*. Psychopharmacology. 177 (3): 245–55. doi:10.1007/s00213-004-2048-7. PMID 15609067. January 2005.

Poch, S.: *Musicoterapia.* Boletín de la Sociedad Española de Pedagogía Musical. nº 2, Madrid, 29. 1981.

Pölkki, T. & Korhonen, A.: *The effectiveness of music on pain in preterm infants in the neonatal intensive care unit: a systematic review.* JBI Libr Syst Rev. 10 (58): 4600-4609, 2012. Recuperado de la web <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25633155>. [Confirmado el 17,02,2018].

Porsolt, R.D., Le Pichon, M. & Jalfre, M.: *"Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments"*. Nature, 266 (5604): 730–2. doi:10.1038/266730a0. PMID 559941, 21 April 1977.

Posner, M.I. & Rothbart, M.K: *Research on care networks as a model for the integration of psychological science.* DOI:

10.1146/annurev.psych.58.110405.085516. Review of Psychology 58 (1): 1-23, 2007.

Prut, L. & Belzung, C.: *The open field as a measurement paradigm. The effects of drugs on anxiety-like behavior: A review. European Journal of Pharmacology.* 463; 3–33, 2003.

Ramón y Cajal, S.: *Los tónicos de la voluntad.* Colección Austral, nº 227. Editorial Espasa-Calpe. 10-11, 1963.

Ramos, A.: *Modelos animales de ansiedad: ¿necesito múltiples pruebas?* Tendencia en Ciencias Farmacológicas, 29 (10); 493-498, 2008.

Real Decreto 1277/2003, de 10 de octubre, *que establece las bases generales sobre la autorización de centros, servicios y establecimientos sanitarios.*

Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, *por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas de Educación Primaria.* BOE nº 293, de 8 de diciembre de 2006 (normativa LOE, actualmente derogada para la EP).

Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, *por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.* BOE nº 52, de 1 de marzo de 2014 (normativa LOMCE, actualmente en vigor para la EP).

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, *por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.* Ministerio de Vivienda «BOE» núm. 74.

Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, *por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido,* en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Ministerio de la Presidencia «BOE» núm. 254, de 23 de octubre de 2007. Referencia: BOE-A-2007-18397. Texto consolidado: Última modificación: 26 de julio de 2012.

Real Decreto 842, de 2 de agosto, *por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*. Madrid, 2002.

Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, *por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación*, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Restrepo, F.J.L.: *Funciones ejecutivas: aspectos clínicos*. Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, 8(1), 59-76, 2008.

Robles, L. & Délano, P.H.: *The senses. Efference system: a complete answer*. Academic Press. Londres, 413-45, 2008.

Rodgers, R. J., Cao, B. J., Dalvi, A., & Holmes, A.: *Modelos de ansiedad: una perspectiva etológica*. Revista brasileña de investigación médica y biológica, 30, 289-304, 1997a.

Rodgers, R.J. & Dalvi, A.: *Anxiety, defense and elevated maze: revisions*. Neuroc Biobehavior, 21 (6); 801-810, 1997b.

Rubin, M. & Safdich, J.E.: *Netter- Essential Neuroanatomy*. Barcelona. Elsevier. Masson, 2008.

Rushworth, M.F., Walton, M.E., Kennerley, S. W. & Bannerman, D. M.: *Set of actions and decisions in the medial frontal cortex*. DOI: 10.1016 / j. tics. 2004.07.009. Trends in Cognitive Sciences, 8 (9); 410–417, 2004.

Sacks, O.: *Musicophilia. Tales of music and the brain*. Picador. Londres, 2007.

Sánchez Cid, M.: *Capacidad comunicativa del sonido envolvente 5.1 en la producción publicitaria radiofónica en España*. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias de la Comunicación. URJC. Madrid, 136, 2006.

Selltiz, C., Mahoda, M., Deutsch, M., & Cook, S.W.: *Métodos de investigación en las relaciones sociales*. Ed. Rialp. Madrid, 96,1974.

Shofner, W.P.: *Percepción de la frecuencia fundamental por chinchillas en presencia de ruido de enmascaramiento*. Revista de la Asociación de Otorrinolaringología.12:101-12, 2011.

Siapas, A. G., Lubenov, E. V. & Wilson, M.A.: *Prefrontal phase of blocking the oscillations of the theta waves of the hippocampus*. DOI: 10.1016 / j. neuron. 2005.02.028. Neuron, 46 (1); 141–151, 2005.

Sobkowicz, H.M. & Rose, J.E.: *Innervation of the organ of Corti in the mouse fetus*. Ed. Academi Press NY, 27-45, 1983.

Sobkowicz, H., Emmerling, M.R. & Whitlon, D.S.: *Cochlear development in the postnatal mouse*. Midwinter Meet Assoc Res Otolayngollth, 131-132, 1988.

Sobkowicz, H.M.: *The development of innervation in the organ of Corti: Development of the auditory receptor apparatus and vestibular systems*. Ed. Elsevier. Science Publishers BV. Capítulo 3, 59-100, 1992.

Squire, L.R.: *Memory and brain*. Nueva York, EEUU. Oxford University Press,75, 1987.

Standley, J.: *Music Therapy for Premature Babies in Neonatal Intensive Care*. *Acta Pediátrica Española*. Vol 59, 11. 14-25, 2001.

Standley, J.: *A meta-analysis of the effectiveness of music therapy for premature infants*. Revista de investigación pediátrica. 17 (2), 107-113, 2002.

Stansfeld, S.A.: *Ruido, sensibilidad al ruido y psiquiatría.Trastorno epidemiológico y psicofisiológico*. Estudios. Psychol Med. Suplemento 22-44, 1992.

Stennert, E., Schulte, F.J., Vollrath, M., Brunner, E. & Frauenrath, C.: *The etiology of neuro-sensory hearing defects in premature infants*. *Archive of Otolaryngology*. Vol. 22, 1171-1182, 1978.

Stewart, L., Von Kriegstein, K., Warren, J. & Griffiths, T.: *Music and the Brain: Music Listening Disorders*. *Brain*, 129: 2533-53, 2006.

Sutoo, D. & Akiyama, K.: *Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats*. *Neuroscience letters*. 487, 58-60, 2011.

Tirapu Ustárroz J. & cols.: *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*. Editorial Viguer, 2012.

Tomatis, A.: *Pourquoi Mozart? Fixot*. París, 35-45, 1991.

Trapanotto, M., Benini, F., Farina, M., Gobber, D., Magnavita, V, & Zacchello, F.: *Behavioral and physiological reactivity to noise in the newborn* *Journal of Pediatrics*. Vol. 40, 275-281, 2004.

Turner, J.G., Parrish, J.L., Hughes, L.F., Toth, L.A. & Caspary, D.M.: *Hearing in laboratory animals: non-auditory differences in rats of different strains Effects of noise*. *CompMed*; 55: 12–23, 2005

Vacheron A.: *Efectos cardiovasculares y ruido*. *Boletín de la Academia Nacional de Medicina*. 176 (3): 387-392, 1992.

Van der Harst, J.: *Tools for measuring and improving lab rat welfare: Rewarding behaviour and environmental enrichment*. (Tesis Doctoral). Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Utrecht, 2003

Velasco Conde, S.: *Musicoterapia con neonatos prematuros en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales*. (Tesis Doctoral). Facultad de Educación y Trabajo Social. UVA. Valladolid, 17, 2016.



Voipio, H.M.: How do rats react to sound? Scand J. Animal Lab. Sci. 24. Suplemento 1: 1–80, 1997.

Watson, E.H.: *Crecimiento y desarrollo del niño*. Trillas. 7, 192-196,1984.

White, R.D.: *Recommended standards for the newborn ICU*. Journal of Perinatology, 27, S4-S19, 2007.

Willems, E.: *El valor humano de la educación musical*. Ed. ProMúsica. Bienne, Suiza, 1975.

Xun Yu, L., Gujjula, S. & Kuo, S.M.: *Still in the womb: active intrauterine noise control for baby incubators Advances in Acoustics and Vibration* (495317), 1-9, 2008.

Xun Yu, L., et al.: *Real-time active multi-channel noise control system for baby incubators*. 31ª Conferencia Internacional Anual del IEEE EMBS. Minneapolis, Minnesota. 2-6septiembre, EEUU, 935-938, 2009.

Xun Yu, L., et al.: *A neonatal incubator with sound cancelling features to minimise injury to the newborn Patent numberUS20140003614A1*. US Patent Office, 2011. Documento extraído del Servicio de Patentes IFI CLAIMS, Web (14,12,2017): Recuperado de <https://www.ificlaims.com/>. [Confirmado el 27,12,2018].

Yehuda, N.: *Music and stress*. Journal Adult Dev.; 18: 85-94.2011.

Zafeirious, D.: *Primitive reflexes and postural reactions in the examination of neurological development*. Pediatric Neurology. 31 (1); 1-8, 2004.

Zatorre, R.J., Evans, A.C. & Meyer, E.: *Neural mechanisms underlying melodic and pitch perception in memory*. Journal Neurosci. 14:1908-19, 1994.

## V.2 Webgrafía

Los recursos web utilizados han sido los siguientes:

Anales de Pediatría, Org: *Seguimiento a medio-largo plazo de los niños prematuros y sus familias en nuestro país*. Recuperado de <https://www.analesdepediatria.org/es-seguimiento-medio-largo-plazo-ninos-prematuros-articulo-S1695403319302425>. [Confirmado el 19,02,2019].

APREM, Web: *Día Mundial de la Prematuridad*. Recuperado de <http://aprem-e.org/dia-mundial-de-la-prematuridad-2019/>. [ Confirmado el 28,11,2019].

ASEPAL, Web (15,09,2016): *Empresa 3M, alumnos de primaria en Suiza utilizan protectores auditivos 3M para mejorar su rendimiento escolar*. Recuperado de: <https://www.asepal.es/actualidad/novedades/alumnos-de-primaria-en-suiza-utilizan-protectores-auditivos-3m>. [Confirmado el 21,01,2020].

Aula actual, Web (10,03,2018): *La serie armónica*. Adaptado de Cristian Grüner (1998). Recuperado de: <http://www.aulaactual.com/especiales/serie-armonica/>. [Confirmado el 01,04,2019].

Avid.com, Web: *ProTools Ultimate con multitud de plugins de una calidad extraordinaria*. Recuperado de la web <https://www.avid.com/pro-tools-ultimate>. [Confirmado el 20,11,2019].

Biografía y vidas, Web (20,01,2017): *Hans Berger [Vida y obra]*. Recuperado de la web <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/berger.htm>. [Confirmado el 25,03,2019].

Comunidad de Asociaciones Somos pacientes, Web: *Crece en todo el mundo la tasa de prematuridad*. Recuperado de la web <https://www.somospacientes.com/noticias/sanidad/la-prematuridad-primera-causa-de-mortalidad-global-en-bebes/>. [Confirmado el 02,11,2019].

CTE, Web (14,09,2016): NBE CA 88: *Condiciones Acústicas en Edificios*.  
En [https://www.construmatica.com/construpedia/NBE\\_CA\\_88:\\_Condiciones\\_Ac%C3%BAsticas\\_en\\_los\\_Edificios](https://www.construmatica.com/construpedia/NBE_CA_88:_Condiciones_Ac%C3%BAsticas_en_los_Edificios). [Confirmado el 25,11,2019].

CTE, Web (15,09,2016): *Código de Protección contra el Ruido DB-HR*.  
Recuperado de <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-proteccion-frente-ruido.html>. [Confirmado el 26,11,2019].

ENAC, Web: *La Entidad Nacional de Acreditación 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/>. [Confirmado el 24,11,2019].

Enciclopedia Salud, Web (15,09,2019): *Conceptualizaciones sobre el Efecto Mozart*. Recuperado de <http://www.encyclopediasalud.com/definiciones/efecto-mozart>. [Confirmado el 29,01,2020].

Escolares, Web (18,01,2017): *Rango de frecuencias e intensidades perceptibles. El espectro auditivo*. Recuperado de la web <http://www.escolares.net/fisica/espectro-auditivo>. [Confirmado el 25,03,2019].

Estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com, Web (22,01,2018): *Test Bonferroni y su interpretación estadística*. Recuperado de la web <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2013/01/28/-test-de-bonferroni/>. [Confirmado el 19,01,2020].

INE, Web (14,01,2017): *Nacimientos ocurridos en España*. Recuperado de [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736177007&menu=ultiDatos&idp=1254735573002](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177007&menu=ultiDatos&idp=1254735573002). [Confirmado el 07,02,2019].

INPA, Web (22,01,2018): *Aparatos de evaluación en roedores*. Instituto de Neurociencias del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. Recuperado de web <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/balanzas/balanzas-animales.htm>. [Confirmado el 15,03,2019].

Instituto Nacional del Cáncer, Web: *Formaldehído/hoja-informativa*. *El formaldehído es una sustancia química incolora, inflamable y de olor fuerte que se suele usar como conservante en laboratorios médicos*. Recuperado <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causasprevencion/riesgo/sustancias/formaldehido/hoja-informativa-formaldehido#191qu233-es-el-formaldeh237do>. [Confirmado el 27,11,2019].

Link.springer, Web (22,01,2018): *Forced swimming test in mice: a review of antidepressant activity*. Recuperado de la web <https://link.springer.com/article/10.1007/s00213-004-2048-7>. [Confirmado el 19,01,2020].

MATLAB, Web (22,01,2017): *La música a través de la acústica de los sonidos* [abreviatura de MATrix LABoratory, "laboratorio de matrices"]. Recuperado de la web <http://www.fiuxy.com/programasgratis/3979409-mega-mathworks-matlab-r2015a-software-matematico-con-entorno-integrado.html>. [Confirmado el 08,02,2019].

Medigraphic, Web (03,12,2017): *Utilidad clínica de la poligrafía en los neonatos*. Recuperado de la web <https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2004/sp041h.pdf>. [Confirmado el 12,07,2019].

Medisur, Web (24,01,2019): *Borrador del genoma secuenciado y descrito con alta calidad de la rata*. Recuperado de la

web <https://www.neurologianeonatal.org/padres-derechos-prestaciones/>.

[Confirmado el 22,01,2020].

Minitab, Web (22,01,2018): ANOVA. En <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/modelingstatistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>. [Confirmado el 22,01,2020].

Mmegías.com, Web (22,01,2018): *Atlas of Plant and Animal Histology*. Recuperado de la página web <http://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/6-tecnicas/protocolos/p-tincion-nissl.php>. [Confirmado el 18,01,2020].

Mscbs.gob, Web: *Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Informe relativo a las Unidades de Neonatología, estándares y recomendaciones de calidad, realizado en el año 2014*. Recuperado de [https://www.mscbs.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/NEONATOLOGIA\\_Accesible.pdf](https://www.mscbs.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/NEONATOLOGIA_Accesible.pdf). [Confirmado el 25,11,2019].

Musictip.net, Web: *Musicoterapia creativa, método de Nordoff-Robins*. Recuperado de la web <https://musictip.net/musicoterapia/enfoques-teorico-practicos/nordoff-robins/>. [Confirmado el 27,11,2019].

NENE, Web (16,01,2017): *Fundación de ayuda al recién nacido con problemas neurológicos* [Día Mundial de la prematuridad 17 de noviembre 2017]. Recuperado de <http://neurologianeonatal.org/8-cat-noticias/122-dia-mundial-de-la-prematuridad-17-de-noviembre-dra-miriam-martinez-biarge>. [Confirmado el 22,11,2019].

NENE, Web: *Asistencia y atención especializada de bebés prematuros y sus familias*. Recuperado de <https://www.neurologianeonatal.org/padres-derechos-prestaciones/>. [Confirmado el 22,11,2019].

NIRF (Fundación de Investigación del Norte de Illinois): *Aparato, sistema y método para cancelación de ruido y comunicación para incubadoras y dispositivos*. Patente número US20160093281. Oficina de Patentes, EEUU, 2016. Documento extraído del Servicio de Patentes IFI CLAIMS, Web (16,12,2017): Recuperado de <https://www.ificlaims.com/>. [Confirmado el 29,12,2018].

OEI, Web (03,12,2017): *Divulgación científica. Sobre los modelos científicos*. <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Sobre-modelos-cientificos>. [Confirmado el 11,11,2019].

OMS versión digital del diccionario médico (12,01,2017). *Niño a término* [definición]. Recuperado de <https://diccionario.medciclopedia.com/n/nino-a-termino/>. [Confirmado el 11,02,2019].

Orjales, I.: *Impacto y detección de niños con TDAH*. Recuperado de [https://www.fundacioncadah.org/j289eghfd7511986\\_uploads/20120607\\_b4Ez7yOz9PUtfvpbTURw\\_0.pdf](https://www.fundacioncadah.org/j289eghfd7511986_uploads/20120607_b4Ez7yOz9PUtfvpbTURw_0.pdf). [Confirmado el 22,01,2020].

Polimertecnic, Web (14,09,2019): *Policarbonatos y Metacrilatos*. Recuperado de <https://www.polimertecnic.com/>. [Confirmado el 25,01,2020].

PSICOLOGÍA (21,01,2017). *Las ondas cerebrales*. [Psicología de la percepción]. Recuperado de <http://www.ub.edu/pa1/node/130>. [Confirmado el 16,02,2019].

Psicothema.com, Web (22,01,2018): *Exploración y reactividad emocional del ratón en el Campo Abierto*. Recuperado de web <http://www.psicothema.com/pdf/232.pdf>. [Confirmado el 18,01,2020].

RAE, Web (14,09,2019): *Definición de Efecto*. Recuperado de la web <http://www.rae.es/diccionario-de-la-lengua-espanola/la-23a-edicion-2014>.

[Confirmado el 25,01,2020].

Redacción Médica, Web: *Inversión económica de los nacimientos prematuros según la Sociedad Española de Neonatología*. Recuperado de <https://www.redaccionmedica.com/secciones/pediatria/el-neonato-prematuro-a-la-cabeza-en-gasto-de-recursos-hospitalarios6949>. [Confirmado el 27,01,2020].

Rat - PubMed - NCBI (mayo-junio,2009): *Rats. PMC. United States National Library of Medicine*. Recuperado de la web <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2675817/>. [Confirmado el 24,04,2019].

Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de cabeza y cuello (25,11,2018): *Trastornos de la percepción musical*. Ver.On-line ISSN 0718-4816. Recuperado de la web [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-48162013000200012](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162013000200012). [Confirmado el 14,02,2019].

Scielo, Web: *Epidemiología de la prematuridad, sus determinantes y prevención*. En <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0717-75262016000400012>. [Confirmado el 17,02,2019].

SPSS 17.0 Manual on line, Web (24,02,2018): *Comparar medias con el uso de la "t" de Student y la ANOVA de un factor*. En <https://clasesenblog2.wordpress.com/2012/06/19/comparar-medias-con-el-uso-de-la-t-de-student-y-el-anova-de-un-factor/>. [Confirmado el 21,03,2019].

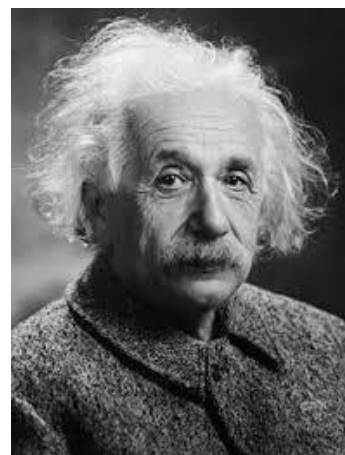
VEGAKIDS, Web: *Instituto de Desarrollo Infantil y Centro Bérard de Reeducción Auditiva*. Recuperado de <http://vegakids.com/lecturas.htm>. [Confirmado el 20,02,2019].

## **Anexos**

Este material se ubica y desarrolla en el DVD adjunto que aparece al final de este documento.



*“Es una locura pensar que se pueden obtener nuevos resultados haciendo siempre lo mismo. Es un milagro que la curiosidad sobreviva a la educación formal. En los momentos de crisis solo la creatividad es más importante que el conocimiento. La mera formulación de un problema es muchas veces más importante que su solución, que puede ser meramente una cuestión de habilidad matemática o experimental. Plantar nuevas cuestiones, nuevas posibilidades, considerar viejos problemas desde un nuevo ángulo, todo ello requiere una imaginación creadora y marca los progresos reales de la ciencia”.*



A. Einstein (1879-1955)