



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE ENFERMERÍA

Beneficios de las ondas sonoras en pacientes con enfermedades
neurodegenerativas

**Trabajo de Titulación para optar al título de Licenciada en
Enfermería**

Autor:

Perdomo Saquina, Jimmy Joel

Tutor:

MsC. Verónica Cecilia Quishpi Lucero

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo Perdomo Saquina Jimmy Joel con cédula de ciudadanía 1850454230, autor del trabajo de investigación titulado: "Beneficios de las ondas sonoras en pacientes con enfermedades neurodegenerativas", certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 03 de diciembre de 2025



Perdomo Saquina Jimmy Joel
C.I: 1850454230

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR

Quién suscribe, Verónica Quishpi Lucero catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el trabajo de investigación titulado: Beneficios de las ondas sonoras en pacientes con enfermedades neurodegenerativas, bajo la autoría de Jimmy Joel Perdomo Saquinga; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

En cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 03 días de diciembre del 2025



Msc. Verónica Quishpi
TUTORA DE TESIS

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Beneficios de las ondas sonoras en pacientes con enfermedades neurodegenerativas”, presentado por Perdomo Saquinga Jimmy Joel con cédula de ciudadanía: 1850454230, bajo la tutoría de la MsC, Verónica Quishpi Lucero; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

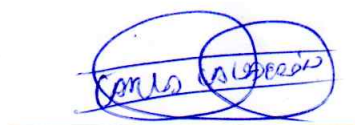
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 03 de diciembre de 2025.

MsC. Andrea Torres Jara
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO**



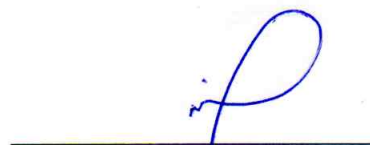
Firma

MsC. Carla Calderón Cabezas
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Dra. María Teresa Díaz Armas
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



CERTIFICACIÓN

Que, **Perdomo Saquinga Jimmy Joel** con CC: **1850454230**, estudiante de la Carrera de **Enfermería**, Facultad de Ciencias de la Salud; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "Beneficios de las ondas sonoras en pacientes con enfermedades neurodegenerativas: Un análisis desde la evidencia de Enfermería", cumple con el 6%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 1 de diciembre de 2025

Mgs. Verónica Cecilia Quishpi Lucero
TUTOR(A)

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía en el transcurso de mi preparación académica, luz en momentos de oscuridad, fuente de fortaleza en los momentos difíciles para no rendirme, por otorgarme la sabiduría para resolver los retos y dificultades que se presentaron durante mi etapa de preparación. A mi familia, por su amor sin condiciones, por sembrar en mí valores y sobre todo la convicción de ayudar a las personas que más lo necesiten, por su apoyo incondicional, por su gran sacrificio para poder educarme, confiar en mí en momentos que yo mismo no lo hacía. Por ser un refugio antes los problemas e inseguridades que presentaba, además por sus grandes consejos y palabras de aliento para poder salir adelante a pesar de las circunstancias de la vida.

Además, quiero dedicar estas palabras a una persona muy especial, la cual ha sido mi hogar en momentos difíciles, que con su amor ha sido mi refugio, que desde que llegó a formar parte de mi vida ha cambiado mi manera de ver las cosas y sobre todo enseñarme que soy capaz de cumplir mis metas propuestas. A ti, por demostrarme que a pesar de mis temores e inseguridades no me dejarías solo, por estar orgullosa de mis pequeños logros y siempre darme tu apoyo y confiar plenamente en mí. Gracias por demostrarme que mientras pasa los días me estoy convirtiendo en un gran profesional y hacerme entender que soy capaz de ser uno de los mejores, y por enseñarme que el amor y el apoyo genuino son capaces de sostener cualquier desafío.

Finalmente, a mis amigos por ser mi segunda familia en una ciudad desconocida para mí, gracias por todo el cariño que me han brindado y demostrarme que en la vida se puede confiar en personas que a pesar de las circunstancias siempre serán mi apoyo. Además, a todas las personas que formaron parte de mi formación personal y académica, quienes, al estar presentes en mi vida, darme consejos pertinentes, ofrecerme palabras de aliento cuando más lo necesitaba y confiar incondicionalmente en mi potencial, fueron fundamentales para mi desarrollo, dedico esta meta desde el fondo de mi corazón con mucho agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutora de tesis, Msc, Verónica Quishpi Lucero, por su orientación, paciencia y compromiso a lo largo de todo este proceso investigativo. La culminación y el desarrollo de este trabajo han sido posibles gracias a su apoyo constante, sus consejos constructivos y su experiencia. Además, extendiendo mi gratitud a los miembros del comité evaluador por sus observaciones y recomendaciones, las cuales enriquecieron de manera significativa esta investigación.

De igual manera, quiero agradecer profundamente a mi familia por el apoyo incondicional, comprensión y aliento durante mis años de estudio. Su confianza y su paciencia frente a las largas jornadas laborales han sido la fuerza que me impulsó a continuar en los momentos más desafiantes. La motivación y el apoyo emocional que he recibido de mis seres queridos han sido esenciales para conquistar los retos que surgieron durante este proceso investigativo.

Finalmente, expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por proveer los recursos que se requieren para realizar esta investigación. Agradezco también a todos los profesores que, durante mi formación, compartieron sus saberes y vivencias, aportando de manera importante a mi crecimiento profesional. El compromiso que tienen con la calidad educativa y su dedicación a la enseñanza han sido componentes esenciales en nuestro proceso de aprendizaje.

INDICE GENERAL:

DERECHOS DE AUTORÍA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADOS DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN..... 11

1. OBJETIVOS..... 17

1.1 General..... 17

1.2 Específicos..... 17

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... 17

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA..... 26

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 31

CONCLUSIONES..... 31

RECOMENDACIONES 32

BIBLIOGRAFÍA 33

ANEXOS..... 38

RESUMEN

Las enfermedades o trastornos neurodegenerativos representan una de las principales causas del deterioro del estado de salud y discapacidad en todo el mundo, generando un gran sufrimiento a las personas y familias que las padecen, además de afectar el desarrollo socioeconómico de las comunidades, las afecciones neurológicas con mayor incidencia en la pérdida de salud fueron los accidentes cerebrovasculares, encefalopatía neonatal, migraña, demencia, neuropatía diabética, meningitis, epilepsia, complicaciones neurológicas derivadas del parto prematuro, trastorno del espectro autista, y los cánceres del sistema nervioso (SN).

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar los conocimientos y prácticas terapéuticas mediante tecnologías, utilizados en el tratamiento de enfermedades neurológicas, con el propósito de comprender su aplicación y potencial relevancia para el sistema de salud en Ecuador. Además, identificar los beneficios de las ondas sonoras en pacientes con enfermedades neurodegenerativas (ENs), explorando su impacto en la función motora, cognitiva y la calidad de vida de los pacientes. De igual modo, la búsqueda de estrategias terapéuticas innovadoras, especialmente el uso de estímulos acústicos y del ultrasonido como forma de tratamiento, ha demostrado mejoras en la modulación neuronal y en los síntomas asociados a diversas patologías, como el Alzheimer, el Parkinson y la esclerosis lateral amiotrófica (ELA).

El uso terapéutico del sonido representa una de las intervenciones no farmacológicas más prometedoras en el abordaje actual de las ENs, la cual puede ser útil para la práctica de los profesionales de salud en enfermería en los diversos niveles de atención. Las investigaciones recientes han consolidado la evidencia científica respecto a los mecanismos neurobiológicos subyacentes y han ampliado significativamente el espectro de aplicaciones clínicas.

Los resultados obtenidos en el estudio de investigación permitieron identificar los diferentes beneficios terapéuticos tras la aplicación de ondas sonoras (OS) en pacientes con patologías neurológicas-neurodegenerativas. El análisis reveló efectos positivos y mejoramiento en la neuro plasticidad cerebral, mejorando así la calidad de vida de los usuarios. Estos hallazgos basados en evidencia científica demuestran la eficacia de la terapia no farmacológica.

Palabras clave: Ondas sonoras, ultrasonido, enfermedad neurodegenerativa, ondas mecánicas.

ABSTRACT

Neurodegenerative diseases or disorders are one of the leading causes of health deterioration and disability worldwide, causing great suffering to individuals and families who suffer from them. In addition to affecting the socioeconomic development of communities, the neurological conditions with the highest incidence of health loss were neonatal encephalopathy, migraine, dementia, diabetic neuropathy, meningitis, epilepsy, neurological complications resulting from premature birth, autism spectrum disorder, and cancers of the nervous system (NS).

Therefore, the present study aims to characterize the knowledge and therapeutic practices using technologies employed in the treatment of neurological diseases, with the purpose of understanding their application and potential relevance for the health system in Ecuador. In addition, it seeks to identify the benefits of sound waves in patients with neurodegenerative diseases (NDs), exploring their impact on motor and cognitive function and patients' quality of life.

The therapeutic use of sound represents one of the most promising non-pharmacological interventions in the current approach to NDs, which may be useful for nursing professionals at various levels of care. Recent research has consolidated the scientific evidence regarding the underlying neurobiological mechanisms and has significantly expanded the spectrum of clinical applications.

The results obtained in the research study identified the different therapeutic benefits following the application of sound waves (SW) in patients with neurological-neurodegenerative pathologies. The analysis revealed positive effects and improvement in brain neuroplasticity, thus improving the quality of life of users. These findings, based on scientific evidence, demonstrate the efficacy of non-pharmacological therapy.

Keywords: Sound waves, ultrasound, neurodegenerative disease, mechanical waves.



Firmado electrónicamente por:
**JENNY ALEXANDRA
FREIRE RIVERA**

Validar únicamente con FirmaRC

Reviewed by:

Jenny Alexandra Freire Rivera, M.Ed.

ENGLISH PROFESSOR

ID No.: 0604235036

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades o trastornos neurodegenerativos representan una de las principales causas del deterioro del estado de salud y discapacidad en todo el mundo, afectando el progreso económico y social de las diferentes comunidades, de acuerdo con lo expresado por el doctor Tedros Adhanom Ghebreyesus, máximo representante de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En el año 2021, las ENs con mayor prevalencia en el deterioro de la salud fueron los accidentes cerebrovasculares, encefalopatía neonatal, migraña, demencia, neuropatía diabética, meningitis, epilepsia, complicaciones neurológicas derivadas del parto prematuro, trastorno del espectro autista, y los cánceres del sistema nervioso (SN).⁽¹⁾

Rodríguez F y Montoya P, analizan los cambios propios del envejecimiento, estos conllevan un progresivo deterioro de las funciones fisiológicas, físicas y mentales. Destacan que las enfermedades neurodegenerativas (ENs) se posicionan como las principales causas de morbilidad del grupo de adultos mayores, siendo las más prevalentes la enfermedad de Alzheimer (EA) y enfermedad de Parkinson (EP). Además, las dos patologías comparten un curso progresivo de neuro generación, pero sus características fisiopatológicas difieren significativamente. Pese a que existen criterios diagnósticos establecidos, suelen ser limitados para establecer un diagnóstico clínico preciso en las fases iniciales del proceso neurodegenerativo.⁽³⁾

Por otra parte, Sánchez A y Bravo C, sostienen que, dentro de las enfermedades neurológicas, existe un subgrupo de estas patologías las cuales resulta importante mencionar el termino general “enfermedad degenerativa” o “enfermedad neurodegenerativa”, engloba un conjunto de patologías que afectan la función de las neuronas en el cerebro. Si bien existen múltiples factores que pueden ocasionar daño neuronal, uno de los componentes es la presencia de agentes infecciosos. Estas neuronas pueden verse afectados por infecciones, cuya etiología varía de acuerdo con el tipo de microorganismo involucrado. Entre ellos destaca *Mycobacterium tuberculosis* y *Neisseria meningitis*; en cuanto a los virus, se incluyen; la inmunodeficiencia humana (VIH), entre otros.⁽²⁾

En relación con lo anterior, Sienes P, Llorente E, et al, refieren que la neurodegeneración es el proceso degenerativo caracterizado por la pérdida progresiva y disfunción neuronal, afectando de manera directa a la integridad y el funcionamiento adecuado del sistema nervioso. Dicho fenómeno constituye la base común de un grupo diverso de trastornos conocidos como ENs. En el desarrollo de estas patologías, el estrés oxidativo (EO) desempeña un papel importante, derivado de la inestabilidad entre la capacidad del organismo para contrarrestar sus efectos por mecanismos antioxidantes endógenos y la elaboración de especies reactivas de oxígeno.⁽⁴⁾

Ferrari C, complementa esta perspectiva al señalar que las respuestas inflamatorias originadas en el sistema periférico tienen el potencial de agravar el daño ya presente en el sistema nervioso central (SNC), particularmente en la enfermedad de Parkinson, Alzheimer y esclerosis múltiple. En este contexto, las inflamaciones sistémicas han sido reconocidas como factores determinantes en la intensificación y progresión de estas condiciones. Las

citocinas proinflamatorias periféricas pueden inducir la producción de estas a nivel central, favoreciendo tanto el desarrollo de alteraciones neuropatológicas y cambios conductuales.⁽⁵⁾

Estudios recientes demuestran que, aunque la esquizofrenia es considerada un trastorno psiquiátrico de origen de neuro desarrollista, existe evidencia de mecanismos neurodegenerativos que podrían suponerse con procesos propios de las enfermedades neurológicas degenerativas. Por ejemplo, en el artículo publicado en el año 2023 de Runge K, et al, con el tema de Neurodegeneration Markers in the Cerebrospinal Fluid of 100 Patients with Schizophrenia Spectrum Disorder, ha identificado marcadores biológicos clásicos de neurodegeneración en el líquido cefalorraquídeo de pacientes con esquizofrenia, con niveles elevados de neurofilamentos, lo que sugiere afectación axonal progresiva.⁽⁴⁴⁾ Además, Long C, et al, en su investigación, ha reportado adelgazamiento cortical en fases tempranas de la esquizofrenia relacionado con la expresión de genes inflamatorios, lo que señala una relación entre neuro inflamación y pérdida neuronal⁽⁴⁵⁾.

Por otra parte, Gert H, et al, proponen que la esquizofrenia puede tener una fase degenerativa, más allá de su componente neuro desarrollista, particularmente en etapas crónicas, lo que fortifica la idea de que comparte mecanismos con enfermedades neurológicas degenerativas⁽⁴⁶⁾. Por estas razones, es científicamente útil analizar los puntos de convergencia entre esquizofrenia, procesos neurológicos y neurodegenerativos, ya que puede tener beneficios clínicos y terapéuticos.

En la actualidad, se ha observado que existe beneficios en la esquizofrenia por lo cual se menciona en este artículo la importancia de esta medida terapéutica. La Organización Mundial de la Salud define la esquizofrenia como una enfermedad mental seria que afecta la manera en que las personas interpretan la realidad que las rodea. Las personas con esta condición pueden experimentar ideas falsas (delirios), escuchar o ver cosas que otros no perciben (alucinaciones), dificultad para organizar su pensamiento, comportamientos y cambios notables en su forma de actuar. A nivel mundial, aproximadamente 24 millones de personas viven con esquizofrenia, lo que significa que 1 de cada 300 personas en el mundo padece esta patología. Esta condición suele manifestarse durante momentos críticos del desarrollo, como finales de la adolescencia, entre los 20 y 30 años, afectando más frecuentemente a hombres que a mujeres.⁽⁶⁾

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), manifiesta con respecto a la esquizofrenia que, de acuerdo con una brecha en la atención sanitaria, existe una preocupante falta de acceso a atención especializada en salud mental; los datos revelan que la mayoría de las personas con esquizofrenia no reciben cuidados de profesionales especializados. Únicamente el 31,3% de los pacientes hospitalizados logran acceder a atención médica. Esta información nos alerta sobre la necesidad urgente de fortalecer los servicios de salud mental, especialmente en atención primaria, donde enfermería puede desempeñar un papel decisivo en la detección temprana, seguimiento y apoyo a pacientes, familias y cuidadores.⁽⁶⁾

Mientras que esta misma organización da a conocer que la demencia es una de las principales causas dependencia en los adultos mayores y discapacidad mientras transcurre su vida.

Alrededor del mundo, se estima que más de 55 millones de seres humanos conviven con esta condición, representando un gasto anual de un billón de dólares aproximadamente en el año 2018. Este término abarca numerosas patologías, predominantemente crónicas y progresivas caracterizado por el deterioro funcional cognitivo, esto afecta en la capacidad para ejecutar actividades de la vida diaria. Entre ellas, la enfermedad de Alzheimer es etiológicamente la más común en la población, siendo responsable del 60 al 70% de los casos diagnosticados. ⁽⁷⁾ De igual forma la OMS, concuerda con la OPS dando a conocer que la demencia es causada por diferentes lesiones que afectan de manera indirecta como directamente al cerebro, siendo la EA, la más común, además de demencia vascular, demencia por cuerpos de Lewy y la demencia frontotemporal. ⁽⁸⁾

Por su parte, Pernia P destaca que las enfermedades neurodegenerativas representan un reto creciente tanto para los sistemas de salud y para la sociedad, por su profundo impacto en el deterioro del diario vivir de los pacientes y sus familiares. Según estimaciones globales la enfermedad de EA afecta aproximadamente a 50 millones de personas, mientras que la enfermedad de EP compromete a más de 6.1 millones y la esclerosis lateral amiotrófica (ELA) de menor prevalencia en comparación con la EA y la EP, se caracteriza por su elevada gravedad clínica, registrando una incidencia anual de alrededor de 2 casos por cada 100.00 habitantes, con una supervivencia media de entre 2 a 5 años tras el diagnóstico. ⁽⁹⁾

Ante este panorama, la identificación de indicadores tempranos que permitan anticipar el deterioro cognitivo adquiere relevancia estratégica para el abordaje diagnóstico y terapéutico de estas patologías. Si bien el ácido úrico (AU) ha sido escasamente abordado como biomarcador temprano de deterioro cognitivo en la literatura científica, investigaciones recientes sugieren destacar su posible utilidad diagnóstica. En los últimos cuatro años, se ha observado un creciente interés en este ámbito, especialmente en países de Europa y Asia, donde se concentra una parte significativa de la producción científica relacionada. ⁽⁹⁾

Un estudio longitudinal desarrollado en China en 2021 exploró la progresión de la EA y el deterioro cognitivo leve (DCL) en períodos iniciales, mediante un enfoque que integró biomarcadores en sangre, evaluaciones clínicas y pruebas neuropsicológicas. Esta investigación concluyó que niveles elevados de AU parecían asociarse con efectos perjudiciales en sujetos sin deterioro aparente, mientras que, en individuos con compromiso cognitivo previo, el AU mostró una posible función neuro protectora. ⁽⁹⁾

En una línea similar, en 2024 un estudio llevado a cabo en Italia tuvo como finalidad comparar los niveles séricos de AU y la disfunción cognitiva, entre pacientes con diagnóstico de ELA/cognición normal o intermedia y ELA/demencia frontotemporal que estos manifestaron bajos niveles de AU. Los hallazgos de este trabajo evidenciaron que el AU ayuda a prevenir o delimitar el deterioro en los pacientes tanto de EP, EA y ELA en respecto a la función cognitiva. ⁽⁹⁾

Diversos estudios también han identificado secuelas neurológicas posteriores a la infección por COVID-19. Ávila S, lo ha denominado “niebla mental” término que hace referencia a un conjunto heterogéneo de signos y síntomas cognitivos. Investigaciones realizadas en Estados Unidos han evidenciado una alta frecuencia de esta condición, siendo reportada por

una proporción significativa de personas que han superado la COVID-19. Este síndrome abarca alteraciones neurológicas tales como deterioro cognitivo leve, astenia mental, dificultad sostenida para la concentración y alteraciones en los procesos de memoria a corto plazo. ⁽¹²⁾

En México, la Dra. Nicasio Martha. realizó una investigación sobre secuelas neurológicas Post COVID en adultos donde se estudiaron a 274 pacientes con diagnóstico de COVID 19, con respecto a su investigación encontró que la mitad de la población mexicana sufrió secuelas post pandemia conformando el 50.06% fueron del sexo masculino, la cual presentaban diferentes efectos secundarios de tipo neurológico por el tipo de virus que presentaba glicoproteínas esenciales para la vía de entrada a través de los receptores enzima convertidora de angiotensina 2 ECA2, obteniendo como datos que la cefalea fue el síntoma referido con mayor número de individuos 133, anosmia presente en 93 personas, artralgias en 61 individuos y falla en la memoria 12 personas, concluyendo que poco más del 30% de individuos presento más de 2 síntomas post COVID. ⁽¹³⁾

Fuentes J, Guerrero P, Rodríguez B; en su investigación del año 2024, manifiestan que los datos analizados sobre las secuelas neurológicas post infecciosas presentan una variabilidad regional significativa. En Argentina, el accidente cerebrovascular constituye la complicación más frecuente (47,6%), mientras que en Brasil predomina el fenómeno de niebla cerebral o Brain Fog (81%), y en El Salvador se reporta una elevada prevalencia del síndrome de Guillain-Barré (73,9%). A nivel general, las manifestaciones neurológicas más prevalentes incluyen cefalea, eventos cerebrovasculares, crisis convulsivas y encefalopatía. Estas se acompañan de sintomatología diversa como náuseas, vómitos, vértigo, ataxia, fiebre, tos y fatiga. ⁽¹⁴⁾

Ahora bien, Rivera D y Porras A, destacan que en Colombia el síndrome de Guillain- Barré (SGB) presenta una incidencia anual estimada de 3 casos por cada 100.000 habitantes, según datos del Hospital San Vicente de Paul. Por Orphanet, esta patología se encasilla entre las más raras en el país; de manera significativa, el SGB ocupa el mayor porcentaje de las enfermedades en Colombia. Además, se dio a conocer que la parálisis flácida aguda corresponde al 29% de casos en menores de 15 años. En los pediátricos, la evolución del SGB suele ser más favorable que en la población adulta, por tal motivo su recuperación es más acelerada y genera una menor probabilidad de obtener secuelas o alguna discapacidad que agraven su salud. ⁽¹⁵⁾

En 2024, La Sociedad Española de Neurología reportó que más de 23 millones de personas padecen algún tipo de enfermedad neurológica, siendo las responsables del 44% de la discapacidad por enfermedad crónica y del 14% del total de fallecimiento. ⁽¹⁰⁾ En Ecuador el Ministerio de Salud Pública (MSP) informó que los trastornos mentales representan una parte importante de los años de vida perdidos por discapacidad. Específicamente, más de un tercio (33.4%) de esos años perdidos se deben a condiciones como depresión, ansiedad, esquizofrenia, suicidio, trastorno bipolar y el consumo de alcohol. En 2023 se registraron 1.201 muertes por suicidio a nivel nacional, afectando en mayor medida a adultos mayores y adolescentes. ⁽¹¹⁾

Tanto en Perú como en el distrito Chambo-Riobamba (Ecuador) se identificó a la epilepsia como un problema de salud pública. En el Instituto Nacional de Ciencias Neurológicas de Perú, esta condición ocupó el segundo lugar entre las causas de enfermedad neurológica, afectando principalmente a adultos de mediana edad 30-59 años con casi el 9% de los casos. De manera similar, en Chambo-Riobamba la epilepsia no especificada representó más de un tercio de todos los casos neurológicos 36,19%, aunque aquí afectó más frecuentemente a adultos jóvenes entre 20 y 34 años. Esta diferencia en los grupos etarios sugiere variaciones regionales importantes que deben considerarse en la planificación de cuidados. ⁽¹⁶⁾

En las dos regiones, el Parkinson se estableció como una causa importante de morbilidad neurológica, aunque con diferentes magnitudes; en Perú, representó el 3% de los casos, ubicándose entre las 10 principales causas, en Chambo alcanzó el 10,43% de la población estudiada. Estas enfermedades afectaron principalmente a adultos mayores, concentrándose en personas de 65 años en adelante, lo que es consistente con el perfil epidemiológico conocido de esta patología. Estos datos nos permiten orientar mejor nuestras intervenciones preventivas y terapéuticas según los grupos etarios más vulnerables en cada región. ⁽¹⁶⁾

De la misma forma, Suarez J, Quiñonez J, et al, dan a conocer que la etapa final de la demencia mantiene una serie de síndromes cerebrales caracterizados por deterioro de las funciones cognitivas, presentando dependencia y discapacidad durante la vejez. La investigación realizada en Ecuador, con la ayuda del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) evidenció que, de una muestra de 96 adultos mayores con demencia, se encontró una alta proporción de pacientes de la región Sierra norte (88.5%) y residentes en el cantón Quito (90.6%), sin embargo, los estudios epidemiológicos sobre la demencia y (ENs) son escasas. ⁽⁴⁷⁾ Para Suarez L y Ordóñez M, la EA en este país tiene prevalencia por sexo de 65% en mujeres y 35% en hombres, dando a conocer que se presentan entre los 60 a 65 años de edad (35%), se destaca factores de riesgo que contribuyen a esta problemática como la edad 30%, enfermedades cardíacas 29% y el 17% con deterioro cognitivo y depresión. ⁽⁴⁸⁾

Así mismo, el Parkinson en un estudio epidemiológico en la provincia de Manabí-Ecuador, dio a conocer que de un total de 100 000 habitantes 243 casos se presentaron con una prevalencia significativa. Pero, no se pudo obtener datos estadísticos concretos y precisos con la EA, Sin embargo, diferentes organizaciones a nivel internacional han realizado estudios en el país logrando obtener 74 000 personas que padecen algún tipo de demencia, entre la más presente se menciona la EA. Además, los países en vías de desarrollo presentan un crecimiento poblacional en adultos mayores siendo 77 años el promedio de vida, generando la posibilidad del aumento de casos de demencia 1 de cada 3 adultos mayores en Ecuador pueden presentar algún tipo de enfermedad crónica. ⁽¹⁶⁾

En este contexto, la terapia sonora ha cobrado especial relevancia en la investigación científica. La audición musical activa múltiples regiones cerebrales involucradas en funciones cognitivas, procesamiento sensorial, control motor y regulación emocional. Esta se asocia con beneficios psicológicos y fisiológicos. La dispensación de los diferentes hormonas y neurotransmisores, provocan reacciones emocionales, modulación de estados

afectivos y fortalecimiento de los vínculos sociales, todo esto gracias a los beneficios de la música. Asimismo, la audición excesiva puede formar cambios estructurales en la corteza cerebral.⁽¹⁷⁾

Diversos estudios han evidenciado que ciertas áreas del cerebro presentan un mayor volumen en individuos con formación musical, especialmente en aquellos que iniciaron dicha instrucción durante etapas tempranas del desarrollo. La onda sonora de alta intensidad o también denominada ultrasonido focalizado constituye una modalidad terapéutica dirigida con precisión hacia estructuras encefálicas, mediante la guía de imágenes por resonancia magnética (RM). La convergencia de estas ondas en un punto focal genera una elevación térmica localizada, suficiente para la destrucción tisular en áreas cerebrales implicadas en el temblor. La técnica se clasifica como no invasiva, dado que no necesita de procedimientos quirúrgicos que involucren incisiones cutáneas ni craneotomías.⁽¹⁸⁾

Desde una perspectiva física, las ondas sonoras (OS) se define como alteraciones que se propagan en un medio a una velocidad constante, determinada por las propiedades del entorno en el que se desplaza. Según Re-Paula M, las OS se clasifican en transversas o longitudinales, dependiendo la dirección del movimiento de las partículas. Las ondas transversas; oscilan en una dirección perpendicular a la trayectoria de la propagación de la onda; a diferencia de las ondas longitudinales, el desplazamiento de las partículas se produce en la misma dirección en que la onda se propaga. Cuando estas alteraciones requieren un medio material para su propagación, se les denomina ondas mecánicas.⁽¹⁹⁾

Para Rosell J, el proceso auditivo de las OS para llegar al cerebro pasa por varias etapas. Primero, la onda sonora va a ser interceptada por el pabellón auricular y conducida a través del meato acústico externo hasta la membrana timpánica, por consiguiente, en el oído medio, las oscilaciones se propagan mediante la cadena osicular (martillo, yunque y estribo) por la membrana timpánica, produciéndose una amplificación mecánica de la señal. Finalmente, en el oído interno, la vibración alcanza la cóclea, donde las células sensoriales efectúan la transducción de ondas eléctricas, transformando las ondas mecánicas en potenciales de acción que serán conducidos hacia las estructuras del SNC.⁽²⁰⁾

Por consiguiente, Hernández Alberto⁽²¹⁾ y Reyes Claudia⁽²²⁾ concuerdan en que el ultrasonido (US) es la energía u onda mecánica cuya frecuencia excede el umbral de audición del ser humano, es decir, supera los 20.000 Hz (20 kHz), se caracterizan por ser constantes y viajar a una frecuencia determinada. No obstante, Rodríguez Jorge⁽²³⁾ menciona en el ámbito del diagnóstico médico que se emplean frecuencias considerables más elevadas, regularmente dentro del rango de 2 a 20 MHz; por ejemplo, en algunas aplicaciones especiales como imágenes cutáneas o estudios intravasculares, puede llegar a superar los 20 MHz.

La necesidad de realizar una revisión bibliográfica sistemática nos permitirá identificar el estado actual del conocimiento sobre la utilización de OS mediante tecnologías, que ha surgido como una estrategia terapéutica no invasiva en el tratamiento de diversas patologías neurológicas. Además, analizar las principales fuentes de información existentes y generar

un marco comprensivo que contribuya a la valoración científica de estas aplicaciones terapéuticas. Esta investigación resulta relevante, ya que permite documentar sistemáticamente las prácticas terapéuticas y sentar las bases para futuras investigaciones empíricas.

1. OBJETIVOS

1.1 General

Analizar los beneficios de las ondas sonoras en pacientes con enfermedades neurodegenerativas

1.2 Específicos

- Identificar los tipos de ondas sonoras utilizadas en intervenciones terapéuticas dirigidas a personas con enfermedades neurodegenerativas.
- Describir los mecanismos de acción de las ondas sonoras en el sistema nervioso.
- Identificar posibles correlaciones entre la respuesta a las ondas sonoras y la progresión de la enfermedad.
- Proporcionar recomendaciones prácticas para la implementación de intervenciones basadas en ondas sonoras en entornos clínicos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Para Miranda C, las terapias dirigidas al sonido incluyen la musicoterapia, la estimulación sonora, la cual se dirige a la estimulación auditiva a frecuencias específicas y técnicas vibro acústicas. Estas modalidades se enfocan en la estimulación auditiva mediante frecuencias específicas que constituyen herramientas no invasivas que son puestos a prueba e investigadas para mejorar los síntomas cognitivos, conductuales y emocionales con los pacientes con enfermedades neurodegenerativas (Alzheimer y Parkinson). La literatura reciente ha observado los efectos positivos sobre la cognición, el estado de ánimo, la calidad de vida y algunos marcadores neurofisiológicos cuando se aplican protocolos clínicamente controlados. ⁽²⁴⁾

El uso terapéutico del sonido representa una de las intervenciones no farmacológicas más prometedoras en el abordaje actual de las ENs, la cual puede ser útil para la práctica de los profesionales de salud en enfermería en los diversos niveles de atención. Las investigaciones recientes han consolidado la evidencia científica respecto a los mecanismos neurobiológicos subyacentes y han ampliado significativamente el espectro de aplicaciones clínicas. ⁽²⁴⁾

La música, desde la antigüedad, ha estado vinculada al bienestar humano, esta aplicación terapéutica surgió como una disciplina la cual fue denominada musicoterapia que se consolidó en el siglo XX con pioneras como Juliette Alvin y consecutivamente desarrollos teóricos como los de Rolando Benenzón. En las últimas décadas, diversos estudios clínicos y revisiones sistemáticas han evaluado los efectos de las intervenciones musicales en la

demencia y otros trastornos neurológicos. Los resultados muestran beneficios en función cognitiva el estado emocional y la interacción social de pacientes con demencia leve y moderada además de reducciones en la ansiedad tras programas de musicoterapia activa o pasiva. ⁽²⁵⁾

Las Ondas Sonoras (OS) se definen como perturbaciones mecánicas que se irradian en un medio (agua, aire, tejido) como variaciones de presión, frecuencia, amplitud y timbre. Estas variaciones pueden describirse físicamente en términos de parámetros como frecuencia (Hz), amplitud (intensidad), fase y envolvente temporal. El sistema auditivo capta estas ondas mediante el oído medio, y las convierte en señales eléctricas cuando pasa por la cóclea (oído interno). En la cóclea, las células ciliadas internas transcriben y traducen los movimientos mecánicos en impulsos neuronales que son transmitidos por las fibras del nervio auditivo al tronco encefálico, al tálamo y desde allí se dirige a la corteza auditiva. ⁽²⁶⁾

TIPOS DE ONDAS SONORAS Y SU INFLUENCIA EN EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Estas ondas, al ser percibidas por el sistema auditivo, generan respuestas neuronales que se propagan a través de las vías auditivas hacia diferentes regiones cerebrales, como el tronco encefálico, el tálamo y la corteza auditiva. Este procesamiento desencadena una serie de respuestas químicas y eléctricas que influyen en el funcionamiento del SNC. Más allá de la simple percepción auditiva, estas ondas tienen la capacidad de inducir resonancias o sincronizaciones neuronales, conocidas como oscilaciones cerebrales, que participan activamente en procesos de memoria, atención y plasticidad neuronal. ⁽²⁶⁾

Desde una perspectiva neurofisiológica, las oscilaciones neuronales son ritmos eléctricos generados por la actividad sincrónica de poblaciones de neuronas, y se clasifican según su frecuencia en diferentes bandas: delta (1-4 Hz), theta (4-8 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (12-30 Hz) y gamma (30-80 Hz o superiores). Cada una de estas, cumple diferentes funciones específicas dentro del cerebro. Las ondas que se relacionan con los procesos de sueño profundo y restauración neuronal son las delta, mientras que la theta interfiere en el fortalecimiento de la memoria además de, la navegación espacial; las alfa con la regulación de la atención y los estados de relajación; la beta con la actividad motora y cognitiva; y finalmente la banda gamma con el procesamiento rápido de la información e integración sensorial mediante la sincronización de áreas. ⁽²⁶⁾

En las ENs, estas oscilaciones suelen verse alteradas. En la enfermedad de Alzheimer, se ha observado una reducción significativa en la potencia y sincronización de las ondas gamma, asociada con deterioro de la conectividad neuronal y la pérdida de plasticidad sináptica. Asimismo, la disfunción de las oscilaciones theta y alfa, se relaciona con dificultades en la memoria a corto plazo y en la capacidad de atención. En el Parkinson, las alteraciones predominan en la banda beta, vinculadas con rigidez muscular y lentitud motora, mientras que en la demencia frontotemporal y otras patologías corticales se han observado disrupciones en la coherencia interhemisférica, afectando las funciones ejecutivas y el procesamiento emocional. ⁽³⁰⁾

Diversos estudios recientes han propuesto que la estimulación sensorial auditiva controlada, mediante frecuencias sonoras específicas, puede modular estas oscilaciones neuronales a través de un fenómeno conocido como entrainment sensorial o acoplamiento neuronal. Dicho proceso consiste en la sincronización de las oscilaciones cerebrales con la frecuencia del estímulo externo, lo que puede restaurar la coherencia rítmica entre distintas áreas cerebrales. En modelos experimentales de Alzheimer, la estimulación auditiva a 40 Hz (frecuencia gamma) ha demostrado inducir sincronización neuronal en la corteza auditiva y en el hipocampo, reduciendo la acumulación de placas β -amiloide y mejorando el desempeño cognitivo. ⁽²⁷⁾

Además, se ha comprobado que la combinación de estimulación auditiva y visual a 40 Hz potencia el efecto del entrainment sensorial, logrando una mayor propagación de la actividad rítmica hacia regiones profundas del cerebro, como el hipocampo y la corteza prefrontal, estructuras esenciales en la memoria y la emoción. En seres humanos, los ensayos clínicos preliminares indican que estas intervenciones no invasivas pueden mejorar la conectividad funcional, la memoria asociativa y ralentizar el deterioro cortical en pacientes con Alzheimer leve. ⁽²⁸⁾

Por tanto, el estudio de los tipos de OS y su interacción con las oscilaciones neuronales representa un enfoque emergente y prometedor dentro de las terapias no invasivas para ENs. La modulación controlada de la actividad cerebral mediante estímulos acústicos permite explorar nuevas estrategias de neuro modulación auditiva, orientadas a mantener o restaurar la plasticidad cerebral, mejorar las funciones cognitivas y optimizar la calidad de vida de los pacientes. ⁽²⁸⁾

PROCESAMIENTO Y CODIFICACIÓN NEURONAL

Una vez que las señales auditivas llegan al SNC, se procesan en diferentes niveles jerárquicos:

- **Vías subcorticales:** En el tronco cerebral y núcleos como el núcleo coclear y complejo olivar, se procesan aspectos como la localización sonora, la frecuencia y la sincronía temporal. Da inicio la codificación de patrones temporales de sonido que serán relevantes para la percepción de ritmo y tono. ⁽²⁹⁾
- **Tálamo y núcleos auditivos del tálamo:** Como el núcleo geniculado medial, actúan como estación de relevo y modulación. En esta instancia se filtra la información y se prepara para el procesamiento cortical. ⁽²⁹⁾
- **Corteza auditiva primaria y secundaria:** En las regiones corticales del lóbulo temporal, se codifican patrones y frecuencias de tono, así como aspectos más complejos del sonido (timbre, modulación, envolvente). Por otra parte, las corticales secundarias y las diferentes áreas asociativas van a integrar información auditiva con memoria, atención, emoción y contexto. ⁽²⁹⁾
- **Redes límbicas y emocionales:** Las unidades cerebrales que interfieren en la emoción (amígdala, corteza cingulada, estriado ventral, hipotálamo) se activan ante estímulos sonoros con carga emocional, dependiendo de si estas son agradables o

desagradables. Dicha actividad modula la percepción del sonido, el estado emocional y puede retroalimentar la atención y la memoria) ⁽²⁹⁾

- **Conexión con atención y cognición:** Estudios actuales manifiestan que la codificación auditiva puede ser modulada por la atención; incluso puede llegar a niveles corticales superiores. Uno de los ejemplos más claros es; cuando una persona tiene que focalizarse en una señal sonora entre ruido, el cerebro reajusta afinamientos neuronales en la corteza auditiva para favorecer la señal relevante y suprimir la irrelevante. ⁽²⁹⁾

RELACION DEL SONIDO CON LAS EMOCIONES, MEMORIA Y ATENCIÓN

Un estudio reciente con fMRI investigó sonidos de valencia emocional (agradable, neutral, desagradable), mencionando que los sonidos agradables activan las regiones asociadas al placer y recompensa (corteza prefrontal medial, corteza cingulada anterior ventral), mientras que los sonidos desagradables activan la detección de saliencia por la amígdala y la insulina. Además, el tronco encefálico, núcleos talamocorticales y corteza son los responsables de recordar y retener secuencias de sonido, tanto a corto plazo como emocional; su deterioro en ENs puede afectar a la percepción auditiva como su almacenamiento. ⁽³⁹⁾

Así mismo, las investigaciones informan que la atención mejora la respuesta neuronal de los estímulos auditivos relevantes, disminuyendo la interferencia del ruido. En tareas de escucha selectiva con fuentes sonoras, la corteza auditiva y áreas superiores muestran una mayor activación hacia señales “atendidas”. Este mecanismo es clave para que el sonido terapéutico pueda captar la atención del paciente, reduciendo distracciones y mejorando la eficacia de la intervención. ⁽³⁰⁾

MUSICOTERAPIA EN ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS

En la investigación de Alvarado S, menciona que el Dr. Oliver Sacks, considera que “la música es un fenómeno que ocurre en todo el cerebro”. Y, en efecto, la música fue utilizada en la antigüedad como la fuerza que contribuía el pensamiento, las emociones y la salud física. La música, es considerada una forma de expresión artística y comunicación capaz de influir en diferentes ámbitos de la vida diaria. Cuando se utiliza como terapia, se ha identificado resultados favorables en pacientes sin importar su rango de edad. Los beneficios de esta terapia se caracterizan por el mejoramiento del desarrollo emocional y bienestar, y la disminución notoria de la ansiedad. ⁽³¹⁾

Asimismo, la música posee la capacidad de evocar emociones contrastantes, como la felicidad o la tristeza, lo que favorece la expresión emocional y permite al individuo exteriorizar sentimientos que, de otro modo, podrían permanecer reprimidos. Diversos autores coinciden en que la escucha de música de calidad conduce al usuario hacia un estado de mejoría integral, evidenciando sus efectos terapéuticos. ⁽³⁸⁾ Este ha sido reconocida como la herramienta no invasiva con gran potencial terapéutico en el campo de las neurociencias, especialmente en el abordaje de ENs como las demencias. En este sentido, la terapia musical

es beneficiosa para la EA ya que favorece a la optimización de la concentración, la memoria residual y la condición anímica. Teppo Sarkamo (2018), especialista en investigar los mecanismos neuronales de la música, menciona que el practicar o simplemente tocar algún instrumento favorece la capacidad para concentrarse y la regulación en el estado de ánimo, aspectos afectados en pacientes con EA. ⁽³²⁾

El interés por los efectos de la música sobre la salud no es reciente; ya en el siglo XVIII comenzaron a publicarse artículos que abordaban su influencia en diferentes enfermedades. Según Juliette Alvin, una de la pionera en este campo, la musicoterapia pretende integrar los efectos cognitivos, emocionales y sociales de la música dentro de los procesos de rehabilitación. Este interés dio lugar al surgimiento de la musicoterapia, denominada como una disciplina que emplea la música con fines terapéuticos. De tal manera para, Benenzón la define como ‘el ámbito que emplea instrumentos que genera tonos, melodía tanto corporo-sonoro-musicales’ la ayuda de esta relación entre los sonidos y las personas tienen un beneficio terapéutico notables para mejorar el estilo de vida. De otra manera, constituye una especialización que brinda apoyo emocional y ayuda con el diagnóstico y tratamiento desde un enfoque holístico. ⁽³²⁾

NEURO MODULACIÓN NO INVASIVA (NNI)

De acuerdo con lo planteado por Villota Rodríguez, la neuro modulación no invasiva (NNI) hace referencia a un conjunto de técnicas que buscan modificar la actividad del SN mediante estímulos externos, tales como campos eléctricos o magnéticos, sin requerir procedimientos quirúrgicos. Entre estas tecnologías destacan la estimulación magnética transcraneal (TMS) y la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS), las cuales han mostrado resultados prometedores en el tratamiento en varios contextos psiquiátricos y neurológicos, como el accidente cerebrovascular, el dolor crónico y los trastornos del movimiento. ⁽³⁴⁾

La importancia de estas intervenciones radica en que constituyen alternativas seguras y mínimamente invasivas frente a las terapias convencionales, ofreciendo menores efectos secundarios y tiempos de recuperación más cortos. Respecto a la evidencia científica Cárdenas y Jiménez, señalan que las investigaciones sobre TMS han mostrado resultados positivos, en la disminución de la sintomatología de la depresión mayor con relación a la resistencia al tratamiento correspondiente al 50% en algunos pacientes, esto lo plantea la NNI la cual amplía el tema sobre las intervenciones terapéuticas para obtener una mejor calidad de vida para los usuarios. Por su parte, Vuellermin, en otras investigaciones ha explorado el uso de estas técnicas en personas con trastornos del espectro autista y en alteraciones del sueño, reportando resultados alentadores. En conjunto, estas evidencias refuerzan la relevancia de la NNI como un enfoque terapéutico innovador, aplicable en diferentes contextos clínicos y con un potencial de desarrollo futuro. ⁽³⁴⁾

NEURO PLASTICIDAD EN LAS ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS

La neuro plasticidad, también llamada como plasticidad cerebral, denota la capacidad del SN para reestructurar de manera organizada las conexiones sinápticas y el funcionamiento a

estímulos extrínsecos e intrínsecos. Este proceso contribuye a mejorar las funciones del SNC concentrado en el aprendizaje, la memoria y mantener el equilibrio del sistema nervioso. Asimismo, la neuro plasticidad forma parte del proceso adaptativo a estimulación sensorial y, de manera especial, en los mecanismos de restauración del cerebro frente a la sintomatología de las patologías. ⁽³⁵⁾

Ejemplos de ello se observan en la recuperación posterior a una lesión traumática, la extirpación de un tumor cerebral, el accidente cerebrovascular, la epilepsia y diversas enfermedades neurodegenerativas. De esta forma, la plasticidad cerebral se manifiesta tanto en condiciones fisiológicas como en contextos patológicos, lo que la convierte en un eje central para la rehabilitación y la adaptación funcional del sistema nervioso. ⁽³⁵⁾

ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS Y EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Las ENs son un conjunto de patologías que dañan progresivamente el sistema nervioso central (cerebro y médula espinal); las definen la “naturaleza degenerativa”, que se refiere a las células nerviosas (neuronas) se van deteriorando y muriendo gradualmente y la “evolución crónica” desarrollan lentamente a lo largo de muchos años. Estas enfermedades tienen un proceso silencioso inicial. Los síntomas no aparecen inmediatamente, sino que se necesita que se pierda un número significativo de neuronas en áreas específicas del cerebro antes de que las personas noten los primeros signos. Este proceso ocurre de manera progresiva durante años o décadas. ⁽³⁶⁾

Para Martínez D, Arboleda A, y colaboradores, la alteración a la capacidad de toma de decisiones representa significativamente un síntoma neurológico que se manifiesta en diversas patologías. El deterioro cognitivo, forma parte del déficit de las funciones ejecutivas superiores que se manifiesta antes que los demás síntomas reconocibles; un claro ejemplo de este fenómeno son los trastornos de la memoria. La perspectiva neuropsicológica, establece en la actualidad dos modalidades de elección de decisiones que se distinguen notablemente: la primera la cual elabora contextos de riesgo conocido para lograr que el usuario disponga de información acerca de probabilidades de diferentes resultados, y la segunda, que ocurren bajo situaciones inciertas o pocas definidas, caracterizadas por datos con falta de claridad sobre secuelas potenciales de cada alternativa. ⁽³⁶⁾

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) define a los trastornos neurológicos como un grupo diverso de enfermedades que pueden afectar cualquier parte del sistema nervioso del cuerpo humano, la cual clasifica mediante el sistema nervioso central, conformado por el cerebro y médula espinal. El sistema nervioso periférico (SNP), en el que actúan los nervios como conectores del SNC y la médula espinal con los órganos y tejidos; y el sistema nervioso autónomo (SNA), que controla las funciones automáticas como respiración, digestión y latidos cardiacos. Además, menciona los principales trastornos neurológicos no transmisibles; estas condiciones no se contagian de persona a persona e incluyen migrañas, cefaleas, esclerosis múltiple, Alzheimer, enfermedad de Parkinson, epilepsia y otros trastornos neurológicos diversos. ⁽³⁷⁾

Los trastornos neurológicos están generando una preocupación mundial debido al impacto en mortalidad que causan un número significativo de muertes, la discapacidad que producen limitaciones importantes en la calidad de vida y una tendencia creciente en las próximas décadas debido al envejecimiento poblacional. La OPS ha desarrollado un sistema de monitoreo que permite visualizar los niveles actuales de esos trastornos, cómo se distribuyen geográficamente a medida que pasan los años, diferenciados por edad y sexo; esta información es recolectada de 6 subregiones y 33 países miembros. Esta información nos permite planificar mejor nuestros cuidados, identificar poblaciones de riesgo y desarrollar estrategias preventivas y terapéuticas más efectivas para abordar este creciente problema de salud. ⁽³⁷⁾

Según la Organización Mundial de la Salud, las enfermedades que afectan al sistema nervioso tienen un impacto masivo a nivel mundial, alcanzando aproximadamente a mil millones de individuos. Las patologías neurológicas más comunes en personas adultas incluyen la enfermedad de Alzheimer junto con otros tipos de demencia, epilepsia, esclerosis múltiple, enfermedad de Huntington, esquizofrenia y enfermedad de Parkinson. Las cifras revelan que 50 millones de personas viven con epilepsia, mientras que cerca de 24 millones sufren de Alzheimer u otras formas de demencia. Estas afecciones del sistema nervioso central tienen una distribución universal, manifestándose en todas las naciones del mundo y afectando a personas de cualquier género, grupo etario o formación académica. ⁽⁹⁾

Las dos patologías en este grupo son Alzheimer, que afecta principalmente la memoria y las funciones cognitivas y Parkinson, que impacta principalmente el movimiento y la coordinación. Aunque no se conocen las causas exactas, los científicos han identificado que múltiples factores pueden contribuir al desarrollo de estas enfermedades, como predisposición genética heredada, daño celular por estrés oxidativo, muerte programada de células nerviosas, traumatismos cerebrales previos, exposición a sustancias tóxicas y consumo excesivo de alcohol. Actualmente, los avances científicos están permitiendo identificar genes específicos y comprender mejor los mecanismos que causan estas enfermedades, lo que abre posibilidades para mejores tratamientos y estrategias preventivas. ⁽⁹⁾

El Parkinson, una enfermedad neurodegenerativa en rápido crecimiento, se ha establecido como una de las patologías neurodegenerativas más comunes en todo el mundo y su prevalencia está experimentando un crecimiento alarmante. Se da a conocer que en el siglo 20 el promedio general de paciente con EP fue alrededor de 6.1 millones de personas alrededor de todo el mundo. Este resultado es muy alarmante, ya que su incremento se ha visto duplicado en años posteriores, lo cual da a conocer el crecimiento tan rápido que se va presentando este caso. Otros investigadores especialistas en este ámbito laboral, redactan que para el año 2040 las personas que podrían verse afectadas o sufrir alguna de estas afecciones son aproximadamente 17 millones de habitantes. Esto significa que, los casos ya no se duplicarían, sino que se triplicarían en un tiempo inferior a 25 años, posicionando a la EP en la patología neurológica con un lapso de tiempo de crecimiento superior a las demás. ⁽⁴⁰⁾

La demencia puede desarrollarse por diferentes tipos de causas, que los especialistas clasifican en tres grupos principales. Las causas primarias o degenerativas son las más comunes e incluyen enfermedades que deterioran progresivamente el cerebro, en las cuales se encuentran la enfermedad de Alzheimer, que es la más frecuente, la enfermedad de Parkinson, la enfermedad por cuerpos de Lewy y otras patologías degenerativas. Las causas secundarias es el resultado de otras condiciones médicas o factores extremos, y vasculares relacionadas con problemas en la circulación sanguínea del cerebro. La magnitud del problema a nivel mundial, según los datos epidemiológicos muestra una situación preocupante y creciente en la situación actual. Según la OMS, aproximadamente 47.5 millones de personas viven con demencia en el mundo, el 7% de todas las personas mayores de 60 años padecen esta condición. ⁽⁴⁰⁾

En un estudio realizado por la revista científica Proyecciones futuras sobre “Demencia: una prioridad de salud pública” en el año 2021, se observaron 35.6 millones de casos; en 2030 se espera llegar a 65.7 millones, el doble, pero en 2050 la proyección llegaría a 115.4 millones, representando el triple de las estadísticas. Además, la clasifica por incidencia por edad, la cual demuestra que, por cada 1000 personas entre 60 y 64 años, aproximadamente 3 desarrollarán demencia y este riesgo aumenta significativamente con la edad. ⁽⁹⁾

Por otro lado, la epilepsia se encuentra entre los problemas neurológicos que más frecuentemente afectan a la población mundial. Para dimensionar su impacto, se estima que entre 5 y 15 de cada 1000 personas viven con esta condición. Las cifras globales actuales según la OMS indican que aproximadamente 50 millones de personas en todo el mundo han recibido el diagnóstico de epilepsia. Esta cifra nos da una idea de la magnitud del problema a nivel planetario. La investigación científica documenta que anualmente se diagnostican 5 millones de casos nuevos de epilepsia en el mundo, lo que significa que cada año más personas y familias deben enfrentar esta condición. ⁽⁴¹⁾

La incidencia en naciones con mayor desarrollo económico; se registran entre 24 y 53 casos nuevos de epilepsia por cada 100000 habitantes cada año. Sin embargo, cuando se consideran las tasas totales de prevalencia, estas cifras aumentan significativamente, oscilando entre 49,3 y 190 casos por cada 100000 personas. La Organización Panamericana de la Salud reveló que la crisis en el diagnóstico y tratamiento en América Latina y el Caribe es una situación alarmante en nuestra región; al menos 6 de cada 10 personas con epilepsia enfrentan una de estas dos problemáticas críticas: Falta de análisis no han sido identificadas como personas con epilepsia, ausencia de tratamiento, aunque diagnosticadas, no reciben la atención médica necesaria. Esta brecha del 60% en diagnóstico y tratamiento refiere que millones de personas en nuestra región viven con crisis epilépticas no controladas, existe un riesgo elevado de complicaciones, accidentes y deterioro de la calidad de vida. ⁽⁸⁾

CUIDADOS DE ENFERMERIA Y LA IMPLEMENTACION DE ONDAS SONORAS EN PACIENTES CON ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS

El cuidado de enfermería en pacientes con trastornos neurológicos exige intervenciones integrales que atiendan no solo el aspecto físico, sino también cognitivo, emocional y sensorial. La utilización de OS terapéuticas o intervenciones musicales adquiere especial relevancia como modalidad no invasiva complementaria que puede relacionarse con los cuidados de los profesionales de enfermería. ⁽⁴²⁾

ROL DEL PROFESIONAL DE ENFERMERÍA EN INTERVENCIONES SENSORIALES AUDITIVAS

Los profesionales de enfermería están en una posición clave para aplicar estímulos sensoriales dentro del plan de cuidado, supervisar su efecto, adaptar las intervenciones según la tolerancia del paciente y documentar los cambios. En el contexto del sonido terapéutico, el profesional de enfermería puede:

- Planificar sesiones de intervención sonora: duración, volumen controlado, selección del tipo de onda o música integradas al cuidado.
- Monitorear signos vitales, respuestas emocionales y tolerancia durante la aplicación.
- Realizar registros sistemáticos de evolución cognitiva, de estado de ánimo y posibles efectos adversos (función motora y calidad de vida).
- Colaborar con musicoterapeutas, neurólogos para ajustar protocolos.
- Educar al paciente y a sus familiares o cuidadores sobre la importancia del estímulo sonoro en su rehabilitación integral. ⁽⁴³⁾

IMPLEMENTACION DE ONDAS SONORAS DENTRO DEL CUIDADO NEUROLÓGICO

Para que las OS terapéuticas sean efectivas, la planificación debe considerar características técnicas y fisiológicas que concierten con la neurofisiología del paciente:

1. Selección de tipo de onda/ estímulo.
 - Música estructurada, tonos isocrónicos, sonidos binaurales, sonidos ambientales, frecuencias específicas, por ejemplo: 40 Hz.
 - Preferencias musicales personales, la cual mejora la adherencia y el impacto emocional.
 - Ajuste del volumen para evitar fatiga auditiva o estrés sensorial.
2. Frecuencia y duración de las sesiones.
 - Protocolos consistentes en tiempo y frecuencia para fomentar plasticidad sináptica.
 - Identificar o reconocer momentos óptimos, por ejemplo, cuando el paciente presente un mayor estado de vigilia.
3. Estímulos suplementarios en un ambiente inspeccionado.
 - Mantener ambientes calmados sin ruidos para no crear interferencias sensoriales.
 - Utilizar aplicaciones que ayuden a la sincronización de estímulos táctiles visuales o para mejorar la respuesta multisensorial.

4. Evaluación progresiva y ajuste del tratamiento.

- Mediante entrevistas, evaluar la eficacia del tratamiento con la ayuda de escalas cognitivas para obtener el mayor beneficio.
- Utilizar un ECG para monitorear y registrar oscilaciones neuronales para observar la modulación del cerebro.
- Ajustes del protocolo si se observa saturación, cansancio o efectos no deseados. ⁽⁴³⁾

Un protocolo publicado en 2025 propone estudiar cómo las preferencias musicales personales modulan los mecanismos neuronales del efecto terapéutico; en pacientes con accidente cerebrovascular. La estimulación auditiva implementada dentro del rol de enfermería mostró mejoras en el procesamiento auditivo y funciones cognitivas. En el ámbito del dolor y rehabilitación, las intervenciones con música sincronizada han sido analizadas mediante EEG, mostrando que la modulación de oscilaciones neuronales puede mediar efectos analgésicos. En revisiones recientes, la musicoterapia se destaca como intervención accesible para mejorar el ánimo, disminuir el estrés y modular funciones cognitivas en poblaciones neurológicas. ⁽⁴⁴⁾

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

La presente investigación corresponde a una revisión documental de tipo narrativo con enfoque descriptivo analítico. Esta estructura ayuda a abordar los distintos efectos terapéuticos de las ondas sonoras de acuerdo a cada una de ellas que fue investigada en las diferentes enfermedades neurológicas, neurodegenerativas con una vista integral, considerando la evidencia científica actualizada y contemporánea como las experiencias clínicas documentadas en los últimos años. El propósito es analizar, entender, comprender las ventajas de la aplicación de la terapia sonora y su aporte al tratamiento en los distintos trastornos del SN en el país de Ecuador, sobre todo en Chimborazo. Se consultaron diversas bases de datos científicas especializadas, incluyendo entre ellas ‘Elsevier’, ‘PsycINFO’, ‘LILACS’, ‘Cochrane’ ‘Library’, ‘Web of Science’, ‘SciELO’, ‘PubMed/Medline’, ‘Scopus’, ‘ProQuest’ e ‘IEEE Xplore’. Además, se utilizó ‘Google Academy’ como buscador complementario, también se recopiló información de sitios web oficiales de organismos internacionales y nacionales como la OPS, OMS y el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, así como repositorios universitarios especializadas en neurociencias.

En cambio, para la elaboración de la búsqueda se emplearon palabras claves en inglés como en español por ejemplo ‘sound waves’ ‘sound therapy’, ‘acoustic vibration’, ‘neurologic music therapy’, ‘auditory stimulation’, ‘brain plasticity’, ‘ondas sonoras’, ‘terapia sonora’, ‘vibración acústica’, ‘musicoterapia neurológica’, ‘estimulación auditiva’, ‘enfermedades neurológicas’, ‘plasticidad cerebral’, ‘Parkinson’, ‘Alzheimer’, ‘epilepsia’, ‘Ecuador’ y ‘Chimborazo’ para poder ubicar estudios en contextos específicos.

Se emplearon operadores booleanos como AND, OR y NOT para fusionar estos términos, además de los signos de puntuación: comillas para buscar expresiones exactas y paréntesis para organizar búsquedas complejas; todo ello facilitó un análisis metódico y detallado de la

literatura científica existente. Ejemplos de cadenas de búsqueda aplicadas incluyen: (OR “Parkinson” AND ‘Ecuador’; y (‘neurologic music therapy’ OR “auditory simulation”) AND (“brain plasticity” OR “neurorehabilitation”) AND (“neurological diseases” OR “Alzheimer” OR “Parkinson; OR “epilepsy” OR “stroke”) AND (“treatment” OR “therapy” OR “rehabilitation”); (“terapia sonora” OR “ondas sonoras”) AND (“enfermedades neurológicas” OR “Alzheimer” En cada base de datos revisada se implementaron filtros por fecha de publicación, idioma y tipo de documento.

Las condiciones para la inclusión que se utilizó para considerar los artículos científicos fueron publicaciones entre 2020 hasta el 2025, priorizando la literatura actualizada en los últimos 5 años. Sin embargo, se tomaron estudios pioneros y documentos relevantes que propicien fundamentos teóricos relevantes sobre los beneficios neurofisiológicos de las OS.

Se incluyeron artículos auténticos de revistas científicas en bases de datos académicas, revisiones metodológicas y meta-análisis relacionado a terapias sonoras en neurología, estudios experimentales a nivel nacional e internacional, tesis doctorales, además, de maestría relacionadas con el sonido como forma terapéutica y neurociencia, información actualizada de organizaciones como la OMS, OPS y el Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Finalmente, se integró guías y protocolos clínicos.

Los idiomas considerados para esta revisión bibliográfica fueron inglés y español, por el motivo que la mayor parte de la literatura científica publicada en neurociencias se encuentra establecido en estos idiomas. A nivel geográfico se priorizó estudios a nivel nacional, específicamente en la provincia de Chimborazo, seguido por investigaciones latinoamericanas. Sin embargo, los estudios internacionales con sistemas de salud avanzados y mayor experiencia con respecto a las OS ayudaron a dar realce a esta investigación.

En cuanto al ámbito clínico, se incluyeron estudios sobre enfermedades neurológicas específicas como la enfermedad de Alzheimer, demencias, enfermedad de Parkinson, esclerosis múltiple, epilepsia y secuelas post covid. Fue fundamental que los documentos abordaran específicamente los efectos de ondas sonoras, vibraciones acústicas o terapias sonoras como intervención terapéutica en estas condiciones.

Los criterios de exclusión descartaron documentos no verificables como publicaciones sin metodología clara, estudios sin respaldo bibliográfico adecuado y documentos sin identificación de autores o filiación institucional. Además, se eliminó de la investigación a la literatura que no mantenía un respaldo institucional, como blogs personales y documentos de divulgación sin referencias científicas. Se dejaron de considerar las publicaciones que no tenían relevancia con las ondas sonoras o enfermedades neurodegenerativas, es decir, aquellas que se enfocan exclusivamente en otros contextos psicológicos sin aportar conocimientos de neurociencia. Finalmente, se suprimieron estudios que no mantenían una metodología clara sin pruebas de evaluación, ausencia de análisis estadístico o desactualizadas.

El proceso de selección se desarrolló en cuatro etapas claramente definidas. La primera etapa de identificación consistió en la búsqueda inicial en todas las bases de datos, aplicando los

diferentes filtros por fecha, tipo de documento, idioma y registrando el total de documentos identificados. La segunda etapa implicó la eliminación de duplicados, la revisión de títulos y la aplicación preliminar de los criterios de inclusión y exclusión. En la tercera etapa de evaluación de elegibilidad se realizó la lectura de los documentos preseleccionados, se evaluó la calidad metodológica de cada uno. Finalmente, la cuarta etapa de inclusión final determinó la selección de artículos para el análisis detallado.

Como resultado de este proceso, se identificaron inicialmente 87 artículos, tras la eliminación de duplicados quedaron 80 documentos, de los cuales se cribaron 80 mediante revisión de títulos. Se excluyeron 24 artículos científicos por diversas razones metodológicas. El número final de investigaciones incluidos en la revisión fue de 69 artículos científicos, los cuales conformaron el análisis de la presente investigación.

Además, se utilizó la técnica de triangulación en el análisis de información para asegurar la validez y confiabilidad de los hallazgos, facilitando el contraste entre diversos tipos de datos como estudios clínicos experimentales, investigaciones en neurociencia, análisis neurofisiológicos, ensayos controlados aleatorios, revisiones sistemáticas sobre terapias sonoras y documentación de casos clínicos en el contexto ecuatoriano. Esta metodología ayudó a establecer conclusiones sólidas sobre los efectos terapéuticos de las ondas sonoras en enfermedades neurológicas, garantizando la validez y confiabilidad de los hallazgos presentados.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron y analizaron 12 estudios que investigaron el uso de OS, particularmente en el rango de frecuencia gamma (40 Hz); representan una modalidad terapéutica no invasiva prometedora para ENs, con evidencia más robusta en enfermedad de Alzheimer.

Las investigaciones de examinadas coinciden en que el desplazamiento neuronal o entrainment es un mecanismo de acción. Murdock et al. (2024) comprobaron en animales que la inducción multisensorial a 40 Hz provoca la regularización de las redes corticales con el estímulo externo lo que produce efectos neuro protectores a través de la disminución de la carga amiloide y el funcionamiento del sistema linfático. Esta técnica va más allá de la simple estimulación sensorial, ya que comprende flujos moleculares que abarcan tanto la polarización de AQP4 como el mejoramiento en la frecuencia vascular del cerebro.

Tang et al. (2024) analiza en su investigación en población humana, y a da a conocer el acoplamiento electrofisiológico de cross-frecuencial theta-gamma a nivel hipocampal después de una tACS, recomendando que las oscilaciones gamma, pueden armonizar su interacción funcional con ritmos de menor frecuencia. Este descubrimiento es relevante por el acoplamiento theta-gamma que ayuda a los procesos de consolidación y codificación, y beneficia a las funciones comprometidas por la EA.

La frecuencia de 40 Hz que pertenece al rango gamma es la más investigada en la EA, siendo respaldada por 8 de los 10 estudios analizados. Esta correlación no es casual: las oscilaciones gamma forman parte de la sincronización de la actividad neuronal, además de la codificación de memoria e integración de información sensorial, funciones que se ven afectados en el

inicio y progreso de la patología. Para Manippa et al. (2022) en la EA se observa una disminución de la coherencia como de la potencia de las ondas gamma, un fenómeno que se vincula al deterioro de la memoria episódica, la atención y la plasticidad sináptica.

En DBL, Benussi et al. (2024) examinaron niveles alfa (10 Hz), logrando progresos específicos en las actividades de ejecutivas y visuoespaciales sin afectar la memoria episódica verbal. Esta especificidad sugiere que distintas frecuencias es posible que puedan tener efectos distintos de acuerdo con los circuitos neuronales que se ven más perjudicados en cada enfermedad. Los mecanismos de atención se encuentran relacionados con las oscilaciones alfa, coordinación visoespacial, áreas especialmente afectadas en DLB.

En la aflicción de parkinson las intervenciones fueron diferentes en gran medida. Leuk et al. (2020) señalaron que la estimulación auditiva rítmica (RAS) funciona a través de un sistema compensatorio diferente: suministra un marcapasos temporal externo, que reemplaza la producción endógena insuficiente del ritmo motor. Este sistema no tiene como objetivo recuperar oscilaciones concretas, si no proporcionar una onda temporal que sirva de guía para el movimiento motor, lo cual refleja la fisiopatología diferencial de la enfermedad de Parkinson (EP), en la que el déficit principal se encuentra en los ganglios basales y en la producción de repeticiones motoras automáticas.

Los registros relacionados con la relación temporal son escasos, aunque reveladores. Cimenser et al. (2021) documentaron las ventajas en términos de capacidad y estructura del sueño. En las rutinas de la vida cotidiana, se necesitaron 3 meses de activación constante para que se manifestara completamente, lo que sugiere que los efectos terapéuticos dependen de mecanismos de plasticidad neuronal que necesitan tiempo para estabilizarse.

Uehara y colaboradores (2025) aportaron pruebas especialmente significativas al registrar que los avances neuropsiquiátricos y cognitivos se mantienen entre 2 y 3 meses después de la intervención. Esta duración de los efectos implica ajustes de neuro plasticidades sostenidas en lugar de efectos temporales que dependen de la estimulación activa. No obstante, no se examinó en ninguno de los estudios revisados y la estimulación puede alterar la velocidad de avance de la neurodegeneración a largo plazo.

Según Griskova-Bulanova y colaboradores (2020), destacaron que la reparación de ASSR es más efectiva en estadios iniciales del deterioro funcional, cuando las redes neuronales aún guardan un nivel suficiente de plasticidad. Esto plantea la hipótesis de una "ventana terapéutica" donde las intervenciones sonoras serían más eficaces, análoga al concepto de reserva cognitiva.

MECANISMO DE ACCION DE LAS ONDAS SONORAS Y PROGRESIÓN DE LA ENFERMEDAD

Por otro lado, el análisis de los distintos autores ayuda a verificar el funcionamiento terapéutico de las OS y del ultrasonido como terapia y estrategia neuro moduladora no invasiva aplicable en ENs. En todos los estudios revisados se destaca la eficacia de estas técnicas para obtener cambios funcionales en la actividad neuronal, mejorar la plasticidad sináptica y favorecer procesos de reparación cerebral.

Papalambros et al. (2020) Proporcionan pruebas clínicas en ancianos sanos, evidenciando que la estimulación acústica con Pink noise sincronizada con las ondas lentas del sueño tienen el potencial de aumentar la memoria verbal y optimizar la eficiencia del descanso. A pesar de que no tiene pacientes con Alzheimer en su población, el mecanismo de acoplamiento de ondas lentas y spindles crea una estructura neurofisiológica importante para usos futuros en desórdenes. En este sentido, se plantea la posibilidad de adaptar esta técnica en el primer y segundo nivel de atención a través de programas comunitarios de estimulación cognitiva.

Por su parte, Leinenga y Götz (2024), así como Park et al. (2021), refuerzan la evidencia preclínica del ultrasonido pulsado y de la estimulación a 40 Hz como moduladores de la actividad gamma cerebral, asociados a la reducción de placas amiloides y a la mejora de la conectividad neuronal. Estos hallazgos se alinean con los resultados revisados por Hu et al. (2023) y en la *Review* de 2022, donde se destacan mecanismos complementarios como la apertura transitoria de la barrera hematoencefálica (BBB), la modulación de la función mitocondrial y la inhibición de la activación glial, todos ellos implicados en la ralentización de la progresión del Alzheimer y el Parkinson.

Además, Ateishi y Nishida (2020) profundizan en los efectos de las OS de baja intensidad (LIPUS), asociándolas al incremento de la angiogénesis y a la mejora de la perfusión cerebral, mecanismos que coinciden con los descritos por Karakatsani et al. (2025) en la estimulación por pulso ultra sonoro transcraneal (TPS), se ha identificado mejoras tanto en el flujo sanguíneo y la modulación de redes neuronales. De manera complementaria, Lin et al. (2022) mencionan que la combinación de ultrasonido focal con microburbujas (UTMD) posibilita la apertura controlada de la BBB, lo que hace más fácil la administración de tratamientos farmacológicos y terapias génicas, disminuyendo agregados patológicos, lo cual indica una asociación entre tratamientos farmacológicos y técnicas acústicas.

Los autores coinciden que las ondas sonoras pueden ser ultrasónicas y avivan la neuro plasticidad, facilitando la comunicación neuronal, por lo cual cuida al SN. Las diferencias que se encontraron fueron entre los diferentes autores como Papalambros et al y Leinenga, Park, Hu; y Lin sobre el ultrasonido ya que enfatizan en el nivel de aplicación y el nivel estratégico que se debe emplear de forma no invasiva, centrada en la estimulación sensorial del sueño con la debida valoración médica.

Desde la perspectiva de enfermería, las evidencias actuales refuerzan la participación del profesional en la educación promoción y acompañamiento en las terapias sonoras, en los diferentes niveles de atención. Las funciones de los profesionales de enfermería conforman la observación-valoración ante la respuesta neurológica, seguido de la evaluación de patrones de sueño y educación de cambios de hábitos conforme al autocuidado, lo cual fortalece el enfoque holístico del cuidado con deterioro cognitivo o riesgo neurodegenerativo en pacientes con las diferentes patologías estudiadas.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las intervenciones terapéuticas fundamentadas en estímulos acústicos representan una modalidad complementaria en el abordaje integral de patologías neurodegenerativas. La evidencia científica analizada sobre la aplicación de terapia sonora contribuye a la mejora de funciones cognitivas, capacidades motoras y regulación emocional en pacientes con enfermedades neurodegenerativas. Entre los principales beneficios documentados se encuentran la disminución de manifestaciones conductuales y psicológicos asociados a la demencia, el incremento en los indicadores de bienestar en la calidad de vida de los pacientes, la reducción de estados ansiosos y episodios de agitación psicomotriz, el fortalecimiento de la memoria y las capacidades comunicativas, además la optimización de habilidades motoras y de coordinación neuromuscular.
- Se identificaron múltiples OS implementados en contextos terapéuticos de patologías neurodegenerativas, destacándose la musicoterapia mejorando las funciones cognitivas siendo, la intervención con mayor respaldo empírico y validación científica. Las categorías principales comprenden música estructurada con diferentes frecuencias y ritmos, estimulación auditiva rítmica mediante pulsos sonoros repetitivos de naturaleza, beats binaurales que producen diferencias de frecuencia entre ambos odios, vibraciones acústicas de baja frecuencia y sonidos ambientales naturales utilizados de técnicas de relajación. Cada una de estas modalidades presenta características específicas en función del perfil clínico que permiten su aplicación diferenciada según las necesidades de cada paciente.
- Los mecanismos de acción mediante los cuales las ondas sonoras actúan en el sistema nervioso central ejercen a través de múltiples vías neurofisiológicas interdependientes. Se identificó que la estimulación auditiva desencadena la activación de regiones cerebrales específicas, incluyendo la corteza auditiva, el sistema límbico, el cerebro y áreas prefrontales, generando respuestas neurológicas de carácter integrativo. Los mecanismos incluyen la promoción de la neuroplasticidad mediante restructuración sináptica y neurogénesis, la sincronización de redes neuronales a traves del arrastre de ondas cerebrales, la regulación de sistemas neurotransmisores involucrando dopamina, serotonina y péptidos opioides endógenos, la reducción de marcadores inflamatorios y del estrés oxidativo, además de la activación del sistema de recompensa cerebral que beneficia la mejora del estado emocional.
- Las investigaciones científicas muestran que los mejores resultados y la conservación de las funciones cognitivas se dan de mejor manera en las primeras instancias de la enfermedad, esto va de la mano de la detección precoz de estos fenómenos. Del mismo modo, la utilización constante y continua del tratamiento no farmacológico

con OS favorece en la estabilización del deterioro funcional y a la disminución en la progresión sintomática.

- Para garantizar su viabilidad y efectividad es necesario considerar las practicas particulares al adoptar acciones basadas en estímulos acústicos, para mejorar la receptividad y la adhesión a la intervención, es importante contar con una infraestructura adecuada que proporcione privacidad, comodidad sonora y un ambiente tranquilo. La capacitación especializada del personal de enfermería sobre las ondas sonoras teóricos y prácticos, resulta indispensable para una implementación profesional y segura.

RECOMENDACIONES

- La incorporación gradual y sistemática de intervenciones fundamentadas en estímulo acústicos como estrategia complementaria dentro de los planes de cuidados destinados a pacientes con patologías neurodegenerativas en instituciones de salud del Ecuador. Esta unificación debe establecerse a través de un enfoque interdisciplinario, mediante evidencia científica actualizada y adaptado a las diferentes características socioculturales. Se recomienda la implementación de programas piloto que analicen la eficacia terapéutica, viabilidad operativa y el grado de aceptación en los niveles de atención del sistema de salud y centros gerontológicos, creando experiencias locales que puedan ser reproducidas.
- Para los profesionales de enfermería que laboran en servicios de geriatría, neurología, y rehabilitación, se aconseja familiarizarse con los diversos tipos de OS para su uso terapéutico, por medio de talleres, capacitaciones y revisiones de literatura científica moderna. Además, se recomienda la elaboración de bancos de recursos de sonidos variados, culturalmente relevantes que incluyan sonidos ambientales naturales de los ecosistemas, patrones rítmicos terapéuticos, música tradicional con efecto relajante.
- Fortalecer la formación académica del personal de enfermería en neurociencias esto facilitará que el enfermero pueda manejar y desarrollarse de mejor manera en su ámbito laboral, además de ofrecer educación para la salud, describiendo de manera clara y comprensible el tratamiento en procesos neurofisiológicos relacionados con las terapias complementarias, integrando módulos establecidos acerca de las repercusiones de los estímulos acústicos en el SNC. Además, implementar el apoyo de otros colegas especializados en los temas de neurología y ondas sonoras para mantener un conocimiento actualizado.
- Aplicar ondas sonoras en pacientes con AU elevados, como bio marcador neuro inflamatorio y estrés oxidativo, ayuda la neuro protección celular. Asimismo, la estimulación auditiva en pacientes con epilepsia lograría contribuir la regulación de la actividad eléctrica cerebral, mejorando no solo sus síntomas sino también reducir el número de crisis convulsivas. Por otra parte, las secuelas post covid (nieblas mentales) al ser aplicada la terapia con ondas sonoras se ha identificado su recuperación cognitiva como la concentración, mejoría de la memoria y la rehabilitación neuronal.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. Más de 1 de cada 3 tienen afecciones neurológicas, la principal causa de enfermedad y discapacidad en todo el mundo [Internet]. Ginebra: OMS; 14 mar 2024 [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/14-03-2024-over-1-in-3-people-affected-by-neurological-conditions--the-leading-cause-of-illness-and-disability-worldwide>
2. Sánchez González Á, Bravo Gómez C. Enfermedades degenerativas [trabajo de fin de ciclo]. Madrid: Universidad Europea de Madrid; 2021 Jun [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/86>
3. Montoya Zanora PC, Rodríguez Castañeda F. Enfermedades neurodegenerativas en adultos mayores: retos en el diagnóstico y tratamiento. Rev-e Ibín Sina [Internet]. 2022 Sep 22 [citado 2025 Oct 26];13(2):1-9. Disponible en: <https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/ibnsina/article/view/1311>
4. Sienes Bailo P, et al; Implicación del estrés oxidativo en las enfermedades neurodegenerativas y posibles terapias antioxidantes [Internet]. Advances in Laboratory Medicine / Avances en Medicina de Laboratorio. 2022;3(4):351-360 [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/almed-2022-0022/html>
5. Ferrari CC. Comunicación entre la periferia y el cerebro en enfermedades neurodegenerativas: influencia de las citocinas proinflamatorias y su relación con la COVID-19 [Internet]. Neurología Argentina; 2021 Jul [citado 2025 Oct 26]; (1):1-5. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/136492>
6. World Health Organization. Schizophrenia [Internet]. Geneva: WHO; 10 Jan 2022 [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/schizophrenia>
7. Organización Panamericana de la Salud. El mundo no está abordando el reto de la demencia [Internet]. Washington D.C.: OPS; 2021 Sep 2 [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/2-9-2021-mundo-no-esta-abordando-reto-demencia>
8. World Health Organization. Dementia [Internet]. Geneva: WHO; 2024? [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dementia>
9. Pernia P. Ácido úrico y enfermedades neurodegenerativas: encontrando un predictor del deterioro cognitivo. Revistas UAZ Rev Ibnsina [Internet]. 2024;24(3): 2-3; [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rfmh/v24n3/2308-0531-rfmh-24-03-180.pdf>
10. Pérez A. Más del 43 % de la población mundial padece una enfermedad neurológica [Internet]. Sociedad Española de Neurología. 2024 Jul 22 [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://www.sen.es/saladeprensa/pdf/Link449.pdf>
11. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. MSP fortalece su red de servicios de atención en salud mental en todo el territorio [Internet]. Quito: MSP; 2024 Oct 10

- [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/msp-fortalece-su-red-de-servicios-de-atencion-en-salud-mental-en-todo-el-territorio/>
12. Ávila K da S R. Manifestações neurológicas da síndrome pós-Covid-19: uma revisão integrativa [Internet]. Macaé: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2022 Nov [citado 2025 Oct 26]. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Enfermagem). Disponible en: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/19415>
 13. Nicasio Medina MA. Secuelas neurológicas post-COVID en adultos derechohabientes de la UMF 61 entre junio 2020 y mayo 2021 [Internet]. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2024 [citado 2025 Oct 26]. 60 p. Disponible en: <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/a3877a20-eb5c-4df1-b9fb-e4e54d78d5c1/content>
 14. Fuentes-Parrales JE, Guerrero Plúas PJ, Rodríguez Ávila BD. COVID-19 y su influencia sobre la salud mental en América Latina [Internet]. MQRInvestigar; 2024 [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.2347-2364>
 15. Rivera D, Porras A. Carga de enfermedad por síndrome de Guillain-Barré en Colombia, 2014-2018. [Internet]. 2022. [citado: 2025, Octubre] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12495/8703>
 16. Lata V, Padilla K. Cuidados paliativos de enfermería al adulto con afecciones del sistema nervioso central [Internet]. Chambo-Riobamba (EC): Instituto Superior Tecnológico “San Gabriel”; 2022 [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9412>
 17. Sánchez L, Olaya M. El maravilloso impacto de la música en el cerebro. Revista Nova et Vetera [Internet]. 2023 [citado 2025 Oct 26]; vol. 9 (90) 1-8 Disponible en: <https://urosario.edu.co/revista-nova-et-vetera/cultura/el-maravilloso-impacto-de-la-musica-en-el-cerebro>
 18. Parkinson’s Foundation. El ultrasonido focalizado no invasivo ayuda a aliviar los síntomas del Parkinson [Internet]. Miami: Parkinson’s Foundation; 2024 May 6 [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://www.parkinson.org/blog/espanol/ultrasonido-focalizado>
 19. Re, Paula Mariela. Aspectos físicos que influyen en la aplicación de ultrasonido; [Internet]. Granada (ES): Universidad de Granada; 2023 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: <https://rid.ugr.edu.ar/bitstream/handle/20.500.14125/789/Inv.%20D-532%20MFN%207772%20tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 20. National Center for Complementary and Integrative Health. Música y salud: lo que tiene que saber [Internet]. Bethesda (MD): National Institutes of Health; 2022 Sep [citado 2025 Oct 26]. Disponible en: <https://www.nccih.nih.gov/health/espanol/musica-y-salud-lo-que-tiene-que-saber>
 21. Hernández D. Propuesta de un protocolo experimental basado en craneotomías para la apertura temporal de la barrera hematoencefálica por acción del ultrasonido focalizado para permitir el paso de químicos macromoleculares al cerebro de roedor. [Internet]. Ciudad (de México): Cinvestav; 2023 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en:

- <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/2678/SSIT0015180.pdf?sequence=1>
22. Reyes C. Apertura de la BHE empleando FUS y microburbujas en sangre para la introducción de un vector farmacológico en un modelo murino. [Internet]. Ciudad (de México): Cinvestav; 2023 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/3162/SSIT0015799.pdf?sequence=1>
 23. Rodríguez J. Apertura de la BHE empleando FUS y microburbujas en sangre para la introducción de un vector farmacológico en un modelo murino. [Internet]. Ciudad (de México): Cinvestav; 2023 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/3133/SSIT0016488.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 24. Miranda M, Hazard S, Miranda P. La música como una herramienta terapéutica en medicina. *Rev. niño. neuro-psiquiatr.* [Internet]. 2017 Dic [citado 2025 27 de octubre] ; 55(4): 266-277. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-92272017000400266>.
 25. Sanz P. El concepto de musicoterapia a través de la historia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, núm. 42, pp. 19-31, 2024 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/274/27404203.pdf>
 26. ScienceDirect. Peripheral auditory system [Internet]. Amsterdam: Elsevier; citado 2025 Oct 27. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/peripheral-auditory-system>
 27. Puschmann S, Regev M, Fakhar K, Zatorre RJ, Thiel CM. Attention-driven modulation of auditory cortex activity during selective listening in a multispeaker setting. *J Neurosci.* [Internet]. 2024;44(15):e1157232023. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11007309/?utm>
 28. Iaccarino HF, Singer AC, Martorell AJ, Rudenko A, Gao F, Gillingham TZ, et al. Multisensory gamma stimulation promotes glymphatic clearance of amyloid. *Nature* [Internet]. 2024 Feb [citado 2025 Oct 04];627:149–156. Disponible en: https://www.nature.com/articles/s41586-024-07132-6?utm_source
 29. Kim T, Park S, Lee JH, Han KH, Cho YS, Choi SH. VR-based gamma sensory stimulation: a pilot feasibility study. *Sci Rep* [Internet]. 2025 Mar [citado 2025 Oct 04];15:13725. Disponible en: https://www.nature.com/articles/s41598-025-13725-6?utm_source
 30. Zhang Y, Xu L, Wang C, Li J, Zhao H, Lin J, et al. Auditory gamma-band entrainment enhances default mode network in Alzheimer models. *Sci Rep* [Internet]. 2024 Apr [citado 2025 Oct 04];14:63727. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-63727-z?utm>
 31. López S. La musicoterapia aplicada a la enfermedad de Alzheimer. Instituto de Neurociencias Castilla y León [Tesis en Internet]. España: Universidad de Salamanca;2020 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/143600/TFM_LopAlvS_musicoterapia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

32. Li J, Saito T, Matsuba Y, Kondo T, Saido TC. Mystery of gamma wave stimulation in brain disorders. *Mol Neurodegener* [Internet]. 2024 May [citado 2025 Oct 04];19(1):85. Disponible en: <https://molecularneurodegeneration.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13024-024-00785-x?utm>
33. Jones DT, Gunter JL, Lowe VJ, Jack CR, Petersen RC, Machulda MM, et al. Gamma frequency sensory stimulation in mild probable Alzheimer's disease: a randomized controlled trial. *PLoS One* [Internet]. 2022 [citado 2025 Oct 04];17(7):e0278412. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0278412&utm>
34. Villota P, Marín L, Veloso M. Revisión bibliográfica en neuromodulación no invasiva. *Redilat* [Internet]. 2025 [citado 2025 Oct 04]; 6(1):252-265. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10075166.pdf>
35. Brain Plasticity. ScienceDirect Topics. Elsevier [Internet]. 2025. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/brain-plasticity>
36. Martínez D, Arboleda A, Gaviria AM, Montoya DA. Revisión de la literatura científica sobre la toma de decisiones bajo riesgo o ambigüedad en pacientes con enfermedades neurodegenerativas. *Rev. virtual univ. catol. norte* [Internet]. 9 de mayo de 2023 [citado 24 de noviembre de 2025];(69):244-75. Disponible en: <https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/1449>
37. Organización Panamericana de la Salud. Más de 1 de cada 3 tienen afecciones neurológicas, la principal causa de enfermedad y discapacidad en todo el mundo [Internet]. Washington (DC): OPS; 20 mar 2024 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/20-3-2024-mas-1-cada-3-tienen-afecciones-neurológicas-principal-causa-enfermedad>
38. Winkler I, Tervaniemi M, Koelsch S. The role of sounds and music in emotion and cognition. *Brain Sci.* [Internet]. 2024;14(3):192. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3425/14/3/192>
39. Cheng J, Li Q, Wang H, Xu P. Distinct neural circuits processing pleasant and unpleasant sounds: an fMRI-based approach. *BMC Neurosci.* 2025;26(1):52. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12868-025-00975-3>
40. Cortizo A. Enfermedades metabólicas hereditarias bases bioquímicas, moleculares, diagnóstico y tratamiento [Internet]. Ciudad: CONICET; 2022 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/149161/CONICET_Digital_Nro.3ae38d64-2631-465c-9715-51473a1d6ad4_O.pdf?sequence=5&isAllowed=y
41. World Health Organization. *Epilepsy* [Internet]. Geneva: WHO; 7 Feb 2024 [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy>
42. Ramaswamy M. Therapeutic use of music in neurological disorders. *ScienceDirect* [Internet]. 2024 [citado 2025 Oct 04]. Disponible en: Ramaswamy M. Therapeutic use of music in neurological disorders. ScienceDirect [Internet]. 2024 [citado 2025

- Oct 04]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024115952>
43. Zaatar MT, Bassil Y, Stephan H, Kallassy M, Haraty N, Nacer S. The transformative power of music: Insights into brain network oscillations and therapeutic potential. *PMC*. 2023 [Internet] [citado 2025 Oct 04]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10765015/>
 44. Kimon Runge, Agnes Balla, et al. Neurodegeneration Markers in the Cerebrospinal Fluid of 100 Patients with Schizophrenia Spectrum Disorder. *NIH* [Internet]. 2023 [citado 2025 Oct 04]; 49(2): 464-473. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/schbul/sbac135>
 45. Cui LB, Wang XY, Fu YF, et al. Transcriptional level of inflammation markers associates with short-term brain structural changes in first-episode schizophrenia. *BMC Med* [Internet]. 2023[citado 2025 Oct 04]; 21-250. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12916-023-02963-y> .
 46. Bernstein HG, Nussbaumer M, Vasilevska V, et al. Glial cell deficits are a key feature of schizophrenia: implications for neuronal circuit maintenance and histological differentiation from classical neurodegeneration. *Molecular Psychiatry* [Internet]. 2023 [citado 2025 Oct 04]; 30(3): 1102-1116. Disponible en: [10.1038/s41380-024-02861-6](https://doi.org/10.1038/s41380-024-02861-6) .
 47. Suárez Salazar JV, Baca López EN, Quiñonez Gómez JL, Patiño-Quiroz FW, Cadena Fuertes DF, Herrera Topa TL, Portilla Jiménez AM. Perfil sociodemográfico y clínico de adultos mayores con demencia en un hospital especializado en Quito-Ecuador. *Más Vita. Rev. Cienc. Salud* [Internet]. 6 de abril de 2025 [citado 21 de noviembre de 2025];7(2):151-67. Disponible en: <https://acvenisproh.com/revistas/index.php/masvita/article/view/926>
 48. Suárez Sarmiento LA, Ordóñez Bajaña M del C. Enfermedad de Alzheimer: Etiología y principales factores de riesgo. *MJ* [Internet]. 2023 [citado 21 de noviembre de 2025];5(14):44-53. Disponible en: <https://www.revista.estudioidea.org/ojs/index.php/mj/article/view/260>

ANEXOS

BENEFICIOS DE LAS ONDAS SONORAS EN PACIENTES CON ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS					
N	AUTOR Y AÑO	VARIABLE	TITULO	ENFERMEDAD NEURODEGENERATIVA	BENEFICIOS
1	Iaccarino HF, Singer AC, Martorell AJ, Rudenko A 2024	Estimulación multisensorial 40 Hz (Gamma)	Multisensory gamma simulation promotes glymphatic clearance of amyloid	Alzheimer (Modelo)	La estimulación multisensorial en una frecuencia de 40Hz se basa en la evidencia que indica que las oscilaciones neuronales gamma entre 30 y 80 Hz desempeñan un importante papel en la sincronización de la actividad, la codificación de la memoria, y la integración de la información sensorial. Referente a la enfermedad de Alzheimer (EA), se ha identificado una reducción de la coherencia y potencia de las ondas gamma, fenómeno que se relaciona directamente con el deterioro de la memoria episódica, la atención y la plasticidad sináptica Iaccarino planteo que la restauración de estas oscilaciones puede potenciar la función neuronal y disminuir la carga patológica asociada con EA.

					Para ello, implementaron una estimulación auditiva y visual sincronizada a 40 Hz, diseñada para inducir el arrastre neuronal, es decir, la alineación rítmica de las redes corticales con el ritmo del estímulo externo. Esta intervención busca reactivar la conectividad interregional deteriorada en la corteza prefrontal, el hipocampo y las vías sensoriales, áreas que suelen verse afectadas en la enfermedad de Alzheimer.
2	Murdock et al., 2024 38	Gamm (40Hz) multisensorial	Multisensory gamma stimulation promotes glymphatic clearance	Alzheimer (modelos)	Murdock et al, en su investigación utilizaron una estimulación multisensorial no invasiva (auditiva y visual) a 40 Hz, denominado Gamma ENtrainment Using Sensory stimuli (GENUS), para inducir una actividad neuronal oscilatoria gamma coherente en modelos animales de EA, específicamente en los ratones 5XFAD. La estimulación a 40 Hz produjo una reducción significativa en la carga de amiloide, esta disminución se modifica con varios mecanismos: mejora en la entrada y salida del fluido cerebral, pulsación vascular,

					polarización de la proteína acuaporina 4(AQP4), señalización peptídica y un mejor drenaje linfático. Por lo tanto, la estimulación gamma multisensorial tiene potencial terapéutico en Alzheimer al activar rutas de limpieza del cerebro y reducir la acumulación de proteínas neurotóxicas.
3	Manippa et al., 2022	Gamma (40 Hz)-revisión	Update gamma multisensory stimulation	Alzheimer (revision)	La publicación examina el procedimiento GENUS, el cual consiste en la inducción de oscilaciones neuronales en la frecuencia gamma (superiores a 30 Hz, frecuentemente a 40 Hz) mediante la aplicación de estimulación sensorial externa, ya sea de modalidad visual, auditiva o mediante la combinación de las dos denominadas estimulaciones multisensoriales. Se plantea que GENUS podría potenciar la perfusión sanguínea cerebral, restablecer la conectividad funcional y favorecer la sincronización entre estructuras corticales y subcorticales, estos aspectos se encuentran deteriorados en le enfermedad de Alzheimer.

4	Climenser et al., 2021	Gamma 40 Hz (sensory-evoked)	Sensory-evoked 40-Hz gamma oscillation improves sleep and AD activities	Alzheimer (pacientes)	<p>La investigación examino si la administración de estimulación sensorial no invasiva, configurada para provocar oscilaciones corticales en la frecuencia de 40 Hz mediante estímulos de naturaleza visual y auditiva podría generar efectos terapéuticos favorables en pacientes con EA.</p> <p>La optimización de la arquitectura del sueño nocturno, mediante el empleo de actigrafía se evidencio que en la cohorte expuesta a estimulación gamma, los episodios de actividad motora durante el periodo nocturno experimentaron una reducción estadísticamente significativa al comparar el trimestre inicial con el trimestre final del protocolo terapéutico, surgiendo una consolidación y prolongación de los periodos de reposo nocturno.</p>
5	Parciauskaite et al., 2021	Gamma 40 Hz (sensory-evoked)	Sensory-evoked 40-Hz gamma oscillation improves sleep and AD activities	Alzheimer (pacientes)	<p>Este artículo presenta una revisión sistémica de investigaciones realizadas en la población humana que exploran la relación entre la respuesta auditiva de estado estable (ASSR) en</p>

					<p>la banda de frecuencia gamma y dominios cognitivos, abarcando individuos neurológicamente sanos como pacientes con patologías neuropsiquiátricas y del neurodesarrollo.</p> <p>Los individuos que exhiben respuestas ASSR gamma de mayor calidad presentan un rendimiento cognitivo superior en memoria de trabajo, velocidad de procesamiento de información y capacidades de razonamiento.</p> <p>En el contexto del envejecimiento fisiológico, se han documentado alteraciones en las ASSR gamma que correlacionan con el declive cognitivo subclínico, previo al establecimiento de diagnóstico de demencia o EA, posicionando a las ASSR como potenciales biomarcadores para una detección temprana.</p>
6	GriskovaBulanova et al., 2020	Gamma-range neuromodulation (tACS/tRNS)	Neuromodulation of gamma-range ASSR	Cognición / AD	Los hallazgos en el artículo señalan que la restauración parcial de las respuestas ASSR en individuos con deterioro cognitivo leve podría traducirse en mejoras significativas

					en el procesamiento temporal de la información, atención sostenida y consolidación mnésica (proceso neurobiológico en el cual el cerebro transforma los recuerdos a corto plazo y frágiles en recuerdos estables y duraderos a largo plazo)
7	De Paolis et al., 2024	Gamma-tACS (40 Hz)	tACS at gamma frequency in Alzheimer's (review)	Alzheimer	<p>La aplicación de Transcranial alternating current stimulation (tACS) a una frecuencia de 40 Hz, al potenciar o restablecer la actividad oscilatoria, podría contribuir a la mejoría de dominios cognitivos comprometidos en la EA incluyendo memoria, atención y procesamiento de información, mediante la restauración de la sincronización neuronal en redes funcionales deterioradas.</p> <p>Su perfil favorable caracterizado por bajo costo operativo, de naturaleza no invasiva y excelente tolerabilidad la posicionan como una alternativa terapéutica complementaria prometedora en el manejo de la enfermedad de Alzheimer.</p>

8	Tang et al., 2024	Gamma tACS + cognitive training	TRanscranial Alternating Current Stimulation FOR patients	Alzheimer	Los hallazgos del estudio demuestran que posterior a la aplicación de sesiones de tACS a una frecuencia de 40 Hz, los participantes manifiestan un incremento significativo en el acoplamiento fase-amplitud theta-gamma a nivel hipocámpal, lo cual implica una optimización en la sincronización entre la fase de las oscilaciones theta y la amplitud gamma. Este fortalecimiento del acoplamiento cross-frecuencial se correlaciona positivamente con mejorías observadas en el rendimiento cognitivo, evaluado mediante Mini-Mental State Examination (MMSE), así como en tareas de evocación diferida
9	Benussi et al., 2024	Alpha-tACS (10 Hz)	Alpha tACS in DLB	Demencia con cuerpos de Lewy (DLB)	La aplicación de α -tACS demostró un perfil de seguridad favorable y adecuada tolerabilidad en la cohorte de pacientes diagnosticados con demencia por cuerpos de Lewy (DBL). Se evidenció una mejoría estadísticamente significativa en las capacidades visuoespaciales y

					funciones ejecutivas posterior a la estimulación activa en comparación con la condición sham (placebo), aunque no se documentaron cambios significativamente en el dominio de memoria episódica verbal.
10	Uehara et al., 2025	40 Hz tACS + cognitive exercises	Cognitive and neuropsychiatric effects of 40 Hz tACS	Demencia	<p>La aplicación de tACS a una frecuencia de 40 Hz, implementada de manera concurrente con protocolos de entrenamiento cognitivo en usuarios con demencia, con ejercicios de rehabilitación cognitiva, lo que induce un “arrastre” (entrainment) cortical, promoviendo así la sincronización neuronal interregional y facilitando los mecanismos de plasticidad sináptica.</p> <p>El estudio evidencia mejoras significativas en la escala ADAS-COG (Alzheimer's Disease Assessment Scale-Cognitive Subscale), con episodios de mejoría sostenida que persisten entre 2 y 3 meses posterior a la intervención. Además, se evidenció una reducción en la sintomatología neuropsiquiátrica y una mejoría en los indicadores de depresión evaluados</p>

					mediante la escala MADRS (Montgomery-Asberg Depression Rating Scale)
11	Calvano et al., 2023	Binaural acoustic stimulation (gamma)	Binaural acoustic stimulation in Parkinson's disease	Parkinson	<p>Se evidencio una mejora estadísticamente significativa en el temblor de reposo del hemicuerpo más comprometido durante la condición OFF (estado sin medicación dopaminérgica) tras la aplicación de estimulación binaural acústica (BBS, binaural beat stimulation)</p> <p>No obstante, no se identificó un efecto global significativo sobre la sintomatología motora al evaluar la escala completa MDS-UPDRS (Movement Disorder Society-Unified Parkinson's Disease Rating Scale)</p>
12	Parkinson Leuk JSP et al	Rhythmic auditory stimulation (RAS)	Acoustic-based interventions to improve motor symptoms in PD	Parkinson	<p>En la estimulación auditiva rítmica, tales como metrónomo o pulsos periódicos operan como un referente temporal externo que orienta y regula el patrón temporal del movimiento, particularmente en la deambulación.</p> <p>Las intervenciones basadas en RAS han evidenciado mejoras en múltiples parámetros cinemáticos de la marcha,</p>

					<p>incluyendo: cadencia, longitud de zancada, velocidad de desplazamiento y simetría del patrón marcha. Diversos estudios han identificado una reducción en el tiempo de fase de doble apoyo (el periodo durante el cual ambos pies mantienen contacto simultáneo con el suelo), lo cual se traduce en una mayor estabilidad postural durante la deambulación.</p> <p>Asimismo, se ha observado una optimización en la fluidez del movimiento durante la ejecución de tareas motoras guiadas rítmicamente, caracterizada por una disminución en las interrupciones y pausas involuntarias del movimiento.</p>
--	--	--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

NÚMERO	AUTOR	ONDAS/ TÉCNICA	MECANISMO DE ACCIÓN	BENEFICIO EN EL TRATAMIENTO		RECOMENDACIONES DEL ESTUDIANTE
				SI	NO	
1	Papalambros NA et al. (2020)	Pink noise / phase-locked acoustic stimulation en adultos mayores	En estudio, adultos mayores (60-84 años) fueron sometidos a una noche de estimulación acústica mediante pulsos de ruido “Pink noise” enlazados con la fase ascendente (“up-state”) de las ondas lentas del sueño (slow waves, <1 Hz) mediante un algoritmo de bucle de fase (phase-locked-loop) que monitoreaba la	x		<p>En este estudio, si se observó un beneficio, aunque los sujetos eran adultos mayores sanos no necesariamente con Alzheimer o demencia avanzada, mejora la memoria/sueño.</p> <p>En consecuencia, la variable: estimulación acústica con Pink noise (Ruido rosa) puede aplicarse en los diferentes niveles de atención (primer o segundo nivel) en los cuales participan los adultos mayores para obtener un beneficio en la memoria y sueño en el envejecimiento. Una de las practicas con las que se puede emplear es con el grupo de adultos mayores en centros de salud, por medio de la participación de sesiones con intervenciones acústicas y recreativas, ejecutadas por el personal de enfermería.</p> <p>Posibles aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Programas comunitarios de estimulación cognitiva y sensorial: Incorporar sesiones de estimulación auditiva con ruido rosa o frecuencia gamma 40 Hz dentro de actividades grupales en centros, clubes del adulto mayor o unidades de atención familiar. • Educación para el autocuidado del sueño: Enseñar a los pacientes y cuidadores el valor del sueño profundo y como

			<p>señal EEG en tiempo real.</p> <p>En términos del sistema nervioso central, al amplificar las slow oscillations y mejorar el acoplamiento entre las OS y los spindles, se facilita la consolidación de la memoria declarativa (hipocampo → corteza) y se mejora la sincronía de redes de sueño profundas, lo cual favorece la plasticidad sináptica, la eliminación de metabolitos y la salud de las neuronas en envejecimiento.</p>			<p>ambientes sonoros con volumen bajo para mejorar la calidad del descanso y la memoria.</p>
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------

2	Leinenga & Götz (2024) – University of Queensland, Australia.	Ultrasonido de baja intensidad (scanning ultrasound) en modelos de Alzheimer's disease (ratones)	Mejora la plasticidad neuronal, mejor comunicación, sin necesidad de centrar únicamente en la remoción de placas de amiloide	X		Incorporar sesiones de estimulación auditiva con ruido rosa o frecuencia gamma 40 Hz dentro de actividades grupales en centro de día, del adulto mayor o unidades de atención familiar. Enseñar a los pacientes y cuidadores el valor del sueño profundo y como ambientes sonoros controlados (ruidos blancos a volumen bajo) pueden mejorar la calidad del descanso y la memoria.
3	Park et al. (2021) – “Effects of transcranial ultrasound stimulation pulsed at 40 Hz on Aβ plaques and brain rhythms in 5×FAD mice”	Estimulación transcraneal de ultrasonido pulsado a 40 Hz	Inducción de oscilaciones gamma (40Hz) y la alteración de ritmos cerebrales, reducción de placas AB, mejora de la actividad neuronal.	X		Recomendación de aplicaciones o dispositivos seguros que emitan ruido rosa, disponibles para celulares o altavoces inteligentes, unidos 15-30 minutos antes del sueño bajo supervisión del profesional de enfermería Con respecto al rol enfermero es valorar patrones de sueño y estado cognitivo mediante escalas simples (Mini-Mental. Escala de Pittsburgh), además educar al paciente y su familia sobre la higiene del sueño y el posible uso de ondas sonoras. Supervisar la correcta implementación de volumen, duración, horarios y observar reacciones adversas como irritabilidad, insomnio, cefalea.
4	Review: “Progress of research in the application of	Ultrasonido (varias modalidades: solo ultrasonido, ultrasonido + microburbujas,	Apertura de la barrera hematoencefálica, aumento de plasticidad, eliminación de	X		Uso en programas de rehabilitación comunitaria o geriátrica, combinando ultrasonido con estimulación auditiva o musicoterapia para potenciar la plasticidad cerebral. Promover hábitos que potencien la neuroplasticidad sueño adecuadp, música terapéutica, ejercicio, nutrición cerebral y

	ultrasound technology for the treatment of Alzheimer's disease" (2022)	ultrasonido guiado por RM)	agregados proteicos, mejora de perfusión cerebral.			monitorear respuestas sensoriales como presencia de molestias, calor, mareo o tinnitus.
5	Hu Y-Y, Yang G, Liang X-S, et al. (2023)	Estimulación transcraneal de ultrasonido de baja intensidad (LITUS)	En revisiones preclínicas se describe que LITUS puede: modular mitocondrias (disfunción mitocondrial mejorada), inhibir activación glial (reducción de NF-KB p65 fosforido), mantener niveles normales de factores neurotróficos, transportadores de dopamina y proteínas de unión de la BBB. Múltiples	X		Fomentar un ambiente tranquilo, con control de estímulos sonoros y lumínicos, que potencie el efecto de las terapias acústicas. Documentar las respuestas las respuestas neurológicas, por ejemplo: estado de alerta, comportamiento, sueño, coordinación después de cada sesión.

			mecanismos: mecánicos (ondas de presión), cavitación, alteración de iones, apertura transitoria de BBB.			
6	Tateishi K, Nishida T (2020)	Ondas sonoras de baja intensidad (LIPUS)	Aumento de angiogénesis, mejor circulación de AB en modelo de Alzheimer, mejor perfusión cerebral	x		Programas comunitarios de estimulación cognitiva con terapias vibroacusticas, donde se utilicen equipos de ultrasonido pulsado portátil bajo prescripción médica y constante supervisión. Además, integrar ejercicios de estimulación sensorial, musicoterapia y ondas sonoras en sesiones breves de relajación neuromotora. Aplicar LIPUS en regiones craneales específicas (lóbulos frontales, tálamo, hipocampo) mediante dispositivos clínicos controlados. Antes del procedimiento verificar parámetros del equipo frecuencia, intensidad mayor o igual a 30 Hz, tiempo. Explicar el procedimiento y obtener consentimiento informado.
7	Kim M G, Yu K, Yeh C-Y (2024)	Ultrasonido focal de baja intensidad (tFUS) aplicado a circuitos cerebrales de dolor — aunque no puramente neurodegenerativo, aporta mecanismo relevante	El ultrasonido modifica circuitos cerebrales mediante modulación de actividad neuronal lo que evidencia que la onda puede alterar la excitabilidad neuronal con	X		Aplicación en hospitales: Enfermería puede asistir en la preparación y seguimiento de pacientes con Parkinson sometidos a estimulación acústica focal. Apoyo durante la terapia: Supervisar la tolerancia del paciente, valorar signos de fatiga y brindar apoyo emocional. Incorporar sesiones de relajación auditiva o música rítmica post estimulación para reforzar la sincronización neuronal.

			efectos funcionales. Aunque en dolor, refuerza mecanismo neuromodulador que puede aplicarse a neurodegenerativos.			
8	Karakatsani M E, Gezginer I, Nozdriukhin D, et al. (2025)	Estimulación de pulso ultrasonoro transcraneal (TPS) en Alzheimer	Los autores indican que la estimulación mecánica focal (ondas de choque acústicas) produce. Mayor flujo sanguíneo, mayor angiogénesis, modulación de redes funcionales neuronales.	X		<p>Aplicación en centros de salud o residencias geriátricas:</p> <p>Sesiones terapéuticas controladas:</p> <p>El profesional de enfermería puede colaborar en la organización de terapias de sonidos acústicos aprobados por neurología, para asegurar el confort y tranquilidad del paciente.</p> <p>Realizar evaluaciones constantes para observar mejoras en la comunicación, memoria o interacción social después de cada sesión.</p> <p>Mantener en salas de convivencia sonidos sonoros por ejemplo música instrumental y sonidos armónicos suaves para mejorar el entorno.</p> <p>Instruir a cuidadores sobre técnicas de como continuar con estimulación auditiva significativa a preferencia del paciente o sonidos naturales en casa</p>
9	Lin C-Y, Huang C-Y, Chen C-M, Liu H-L (2022)	Ultrasonido focal + microburbujas para abrir BBB (UTMD) en modelo de	La apertura de la BBB permitió entregar genes/terapias que redujeron agregados de α -sinucleína y	X		<p>Aplicación en hospitales especializados:</p> <p>El ultrasonido focal abre temporalmente la Barrera hematoencefálica (BBB), facilitando el ingreso de fármacos neuroprotectores al cerebro y reduciendo la progresión de Alzheimer</p>

		Parkinson's disease	mejoraron la supervivencia dopaminérgica. Su mecanismo de la oscilación de microburbujas → fuerzas mecánicas sobre células endoteliales → disrupción transitoria de uniones estrechas → mejor penetración terapéutica al parénquima cerebral.			<p>El personal de enfermería debe estar capacitado para verificar la calibración del equipo y asegurar condiciones de seguridad y asepsia durante el procedimiento.</p> <p>Monitorización post-terapia: Vigilar los diferentes signos neurológicos y vitales, reportar confusión o cefalea.</p> <p>Apoyo interdisciplinario:</p> <p>Coordinar con neurólogos y farmacéuticos para el control de dosis y evaluación de resultados clínicos</p>
--	--	---------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FLUJOGRAMA DE SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

(Método PRISMA adaptado)

FASE 1: IDENTIFICACIÓN

Búsqueda en Bases de Datos
Periodo: 2020-2025 (+ estudios pioneros)
Artículos identificados: n = 87

FASE 2: CRIBADO

Eliminación de Duplicados
Artículos tras eliminar duplicados: n = 80

Revisión de Títulos y Resúmenes
Artículos cribados: n = 80

FASE 3: ELECCIÓN

Evaluación Detallada de Texto Completo
• Lectura completa de documentos
• Evaluación de calidad metodológica
• Aplicación de criterios de inclusión/exclusión

Excluidos: n = 24
• Sin metodología clara
• Deficiencias graves
• Sin relación directa

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- ✓ Artículos indexados 2020-2025
- ✓ Español e Inglés
- ✓ Enfermedades neurológicas: Alzheimer, Parkinson, epilepsia, esclerosis múltiple, post-COVID
- ✓ Terapias con ondas sonoras
- ✓ Metodología rigurosa
- ✓ Prioridad: Ecuador/Latinoamérica

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- ✗ Sin metodología verificable
- ✗ Literatura gris no académica
- ✗ Blogs sin afiliación institucional
- ✗ Material promocional comercial
- ✗ Sin relación con neurología
- ✗ Deficiencias metodológicas graves
- ✗ Prácticas no validadas

FASE 4: INCLUSIÓN

ARTÍCULOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN
n = 69
Análisis mediante triangulación de datos

TÉCNICA DE ANÁLISIS

Triangulación de información: estudios clínicos, investigaciones en neurociencia, análisis neurofisiológicos, ensayos controlados y casos clínicos ecuatorianos