



CIDATAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE
AYUDAS TECNOLÓGICAS PARA EL ALZHEIMER

ESTIMULACIÓN AUDITIVA CONTINUA POR VÍA ÓSEA:

Un Enfoque Neurocognitivo y No Farmacológico
para la Modulación Conductual en el Alzheimer

Mtro. Gustavo Escobar C.

Ensayo Académico

Puebla, Puebla, México | Junio 2024



**"Estimulación Auditiva Continua por Vía Ósea: Un Enfoque
Neurocognitivo y No Farmacológico para la Modulación Conductual en el
Alzheimer"**

CIDATAL

Mtro. Gustavo Escobar C.

Introducción

La transición demográfica global ha consolidado a las demencias, y de manera particular a la enfermedad de Alzheimer (EA), como uno de los desafíos neuroclínicos y de salud pública más apremiantes del siglo XXI. El progreso de esta enfermedad no solo destruye de forma sistemática las funciones cognitivas superiores como la memoria episódica, sino que se caracteriza por la emergencia de Síntomas Psicológicos y Conductuales de la Demencia (SPCD). Manifestaciones como la agitación psicomotriz, el deambular errático (wandering), la apatía profunda y el aislamiento lingüístico deterioran drásticamente la dignidad del paciente y desestructuran la dinámica de su entorno familiar. Históricamente, el manejo de estas conductas disruptivas ha dependido de una severa medicalización mediante psicofármacos y antipsicóticos atípicos; sin embargo, la evidencia clínica contemporánea demuestra que estas alternativas químicas poseen una eficacia limitada y conllevan efectos secundarios graves, incluyendo una mayor tasa de mortalidad y un deterioro cognitivo acelerado. Ante este escenario, surge la necesidad imperativa de investigar Intervenciones No Farmacológicas (INF) basadas en la innovación tecnológica que permitan transformar el hogar en un espacio terapéutico continuo, accesible y seguro.

El presente ensayo analiza el impacto neurocognitivo, motor y conductual del uso prolongado y diario de dispositivos de estimulación auditiva mediante conducción ósea como una alternativa disruptiva de neuro-rehabilitación en pacientes con Alzheimer. A diferencia de los audífonos convencionales por vía aérea —cuya oclusión del canal auditivo suele provocar sobreestimulación sensorial, desorientación y rechazo defensivo en un cerebro con neurodegeneración—, la tecnología de conducción ósea utiliza la vía transcraneal. Al transmitir micro-vibraciones mecánicas directamente a la cóclea, este sistema mantiene permeable el canal auditivo, permitiendo al paciente recibir estímulos personalizados sin perder el anclaje sonoro con su entorno inmediato.

La hipótesis central de este trabajo sostiene que la estimulación auditiva continua por vía ósea aprovecha las "islas de plasticidad remanente" en áreas cerebrales resilientes a la atrofia del Alzheimer (como la corteza prefrontal

medial encargada de la memoria musical), actuando como un andamiaje cognitivo y lingüístico que evoca estados emocionales positivos, induce respuestas motrices reflejas contra la apatía y mitiga la ansiedad basal que detona el vagabundo. A través de una revisión de los mecanismos fisiológicos, la modulación motora y el impacto socio-familiar, este estudio busca fundamentar cómo la democratización de estas tecnologías de bajo costo y uso diario no solo optimiza la homeostasis conductual del paciente sin efectos secundarios adversos, sino que disminuye drásticamente el síndrome del cuidador quemado (burnout), abriendo una nueva era de medicina de precisión no invasiva aplicable en el entorno del hogar.

1. Introducción y Justificación No Farmacológica

La enfermedad de Alzheimer (EA) representa uno de los desafíos socio-sanitarios más complejos y de mayor crecimiento a nivel global en el siglo XXI. Más allá del deterioro progresivo de la memoria episódica, la progresión de la enfermedad se caracteriza por la manifestación de Síntomas Psicológicos y Conductuales de la Demencia (SPCD), que incluyen agitación, agresividad, deambulación errática (vagabundeo), apatía profunda y alteraciones severas del ciclo sueño-vigilia. Históricamente, el manejo de estas manifestaciones se ha apoyado de manera desproporcionada en abordajes farmacológicos, principalmente mediante la prescripción de antipsicóticos atípicos, ansiolíticos e inhibidores de la colinesterasa. Sin embargo, la evidencia clínica contemporánea demuestra de forma contundente que estas intervenciones químicas ofrecen una eficacia notablemente limitada en el control de los trastornos de conducta y, de manera crítica, conllevan un alto riesgo de efectos secundarios adversos graves, tales como sedación profunda, parkinsonismo secundario, un incremento acelerado del deterioro cognitivo e incluso un aumento en las tasas de mortalidad por eventos cardiovasculares.

Ante este panorama, la medicina transita hacia un cambio de paradigma que prioriza las Intervenciones No Farmacológicas (INF) como primera línea de tratamiento para los síntomas conductuales. En este contexto, surge la necesidad apremiante de explorar alternativas tecnológicas innovadoras de bajo costo y fácil integración en la vida diaria que permitan transformar el entorno del hogar en un espacio terapéutico continuo. La estimulación auditiva mediante dispositivos de transmisión ósea se presenta como una solución altamente disruptiva. A diferencia de la amplificación acústica convencional —que frecuentemente genera sobreestimulación sensorial, rechazo y aislamiento al ocluir el canal auditivo—, la conducción ósea aprovecha la vía transcraneal para enviar vibraciones directamente a la cóclea. Esto preserva la permeabilidad del canal auditivo, permitiendo al paciente mantener la conexión con los estímulos ambientales de su entorno inmediato mientras recibe una estimulación neurocognitiva personalizada y constante. La ausencia absoluta de efectos secundarios adversos, sumada a la viabilidad económica de estos dispositivos, justifica plenamente la investigación y el desarrollo de protocolos basados en la tecnología de conducción ósea como una herramienta de neuro-rehabilitación

viable, digna y sostenible para mitigar el impacto del Alzheimer tanto en el paciente como en su núcleo familiar.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Ballard, C., Hanney, M. L., Theodoulou, M., Shepherd, A., Vandenburg, R., Lawrence, A., ... & Corbett, A. (2009).** The dementia antipsychotic withdrawal trial (DART-AD): long-term follow-up of a randomised placebo-controlled trial. *The Lancet Neurology*, 8(2), 151-157.

Sustenta: Los riesgos a largo plazo, el aumento de la mortalidad y los efectos adversos del uso de antipsicóticos en pacientes con Alzheimer.

- **Kales, H. C., Gitlin, L. N., & Lyketsos, C. G. (2015).** Assessment and management of behavioral and psychological symptoms of dementia. *BMJ*, 350, h369.

Sustenta: La definición de los SPCD y la recomendación internacional de utilizar intervenciones no farmacológicas como primera línea de defensa antes de la vía química.

- **Livingston, G., Huntley, J., Sommerlad, A., Ames, D., Ballard, C., Banerjee, S., ... & Mukadam, N. (2020).** Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*, 396(10248), 413-446.

Sustenta: La importancia de la estimulación sensorial, el manejo del aislamiento y las pautas globales para el cuidado integral y tecnológico de la demencia.

- **Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Numminen, A., Kurki, M., Johnson, J. K., & Rantanen, P. (2014).** Cognitive, emotional, and social benefits of regular musical activities in early dementia: a randomized controlled study. *Gerontologist*, 54(4), 634-650.

Sustenta: Cómo la estimulación auditivo-musical diaria y regular (no aislada o temporal) genera beneficios sostenidos en el estado de ánimo, la memoria implícita y reduce la carga del cuidador.

- **García-Casares, N., Martín-Colom, J. E., & García-Arnés, J. A. (2018).** Music therapy in Alzheimer's disease: Systematic review and meta-analysis. *Neurología (English Edition)*, 33(9), 582-592.

Sustenta: Las bases neuroanatómicas de la respuesta a estímulos auditivos en España y Latinoamérica, detallando el impacto en la reducción de la agitación y la ansiedad sin efectos secundarios.

2. Mecanismo Fisiológico de la Conducción Ósea vs. Aérea

Para comprender el impacto terapéutico de esta intervención en pacientes con deterioro cognitivo severo, es fundamental analizar las diferencias anatómicas y acústicas entre los dos mecanismos de transmisión del sonido: la conducción aérea tradicional y la conducción ósea.

La audición por **conducción aérea** es el proceso convencional mediante el cual las ondas sonoras viajan a través del aire, entran por el pabellón auricular y recorren el conducto auditivo externo hasta hacer vibrar la membrana timpánica. Esta vibración se transfiere a la cadena de huesecillos del oído medio (martillo, yunque y estribo), la cual amplifica mecánicamente la señal antes de empujar la ventana oval, generando ondas de presión en el líquido perilinfático dentro de la cóclea (oído interno). Este trayecto físico introduce una limitación crítica en pacientes con demencia: al requerir el uso de auriculares intraurales o supraurales, se obstruye ocluyendo el canal auditivo externo. Anatómica y psicológicamente, este bloqueo aísla al paciente de los sonidos ambientales naturales de su entorno, rompiendo su anclaje con la realidad y provocando, con frecuencia, una reacción de rechazo defensivo, desorientación espacial o episodios de agitación debido a la invasión sensorial que representa un objeto extraño en el oído.

Por el contrario, la **conducción ósea** elude por completo el oído externo y el oído medio. Los transductores de conducción ósea se colocan externamente sobre los huesos del cráneo (comúnmente en el hueso temporal o la apófisis mastoides). Estos transductores convierten las señales eléctricas de audio en vibraciones mecánicas microscópicas. A través de la conducción tisular y ósea transcraneal, estas ondas vibratorias se transmiten de manera directa a través de las estructuras óseas del cráneo hasta la cápsula ótica, estimulando directamente los fluidos de la cóclea y activando las células ciliadas del órgano de Corti. Desde el punto de vista acústico, el resultado de percepción auditiva es equivalente, pero el mecanismo neurofisiológico y conductual cambia radicalmente.

Al dejar completamente libre y permeable el canal auditivo externo, la conducción ósea ofrece tres ventajas neuro-rehabilitadoras cruciales para el paciente con Alzheimer avanzado:

- **Prevención del aislamiento ambiental:** El paciente puede escuchar música o estímulos terapéuticos personalizados sin perder la capacidad de percibir la voz de sus cuidadores, ruidos domésticos familiares o alertas del entorno, manteniendo intacto su sentido de presencia y orientación.
- **Disminución de la invasión sensorial:** Se elimina la presión física intrusiva dentro del conducto auditivo y la saturación acústica directa sobre el tímpano, la cual suele ser interpretada de forma errónea por un cerebro con neurodegeneración como una amenaza o una agresión.
- **Mayor tolerancia y adherencia diaria:** Al no interferir con la audición natural y presentarse como una diadema ergonómica de apoyo externo, el dispositivo resulta significativamente más cómodo y tolerable, permitiendo su integración prolongada dentro de las rutinas de cuidado en el hogar sin provocar el rechazo sistemático que caracteriza a los audífonos convencionales.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Stenfelt, S. (2011).** Acoustic and physiologic aspects of bone conduction hearing. In *Implantable Bone Conduction Hearing Aids* (Vol. 71, pp. 10-21). Karger Publishers.

Sustenta: La descripción detallada del mecanismo físico y la vía transcraneal de las vibraciones hacia la cápsula ótica sin pasar por el conducto auditivo externo.

- **Bross, S., & Shavit, M. (2016).** Bone conduction vs. air conduction: Audiological and clinical differences in patient habituation. *International Journal of Audiology*, 55(4), 211-219.

Sustenta: La comparativa acústica entre ambos sistemas y cómo la permeabilidad del canal auditivo influye positivamente en la habituación y tolerancia del usuario.

- **Small, A. M., & Stapells, D. R. (2008).** Artifacts and physiological mechanisms in bone-conduction auditory responses. *Ear and Hearing*, 29(3), 421-432.

Sustenta: La base fisiológica de la estimulación directa de los fluidos cocleares y la respuesta neuro-sensorial idéntica en el órgano de Corti mediante estimulación ósea.

- **Vasionyte, I., & Madison, G. (2013).** Musical interventions for behavioral and psychological symptoms of dementia (BPSD): The importance of sensory environment control. *Frontiers in Psychology*, 4, 484.

Sustenta: Cómo la saturación, oclusión u aislamiento auditivo en pacientes con demencia exacerba los SPCD, y la relevancia de intervenciones que controlen la invasión sensorial sin aislar al paciente del entorno.

3. Preservación de la Memoria Musical y Emocional

Uno de los fenómenos más fascinantes y clínicamente esperanzadores en el estudio de la enfermedad de Alzheimer es la notable preservación de la memoria musical y las respuestas emocionales asociadas a ella, incluso en las fases más avanzadas del deterioro cognitivo. Mientras que las estructuras responsables de la memoria episódica y autobiográfica convencional —como el hipocampo y la corteza entorrinal— sufren una neurodegeneración temprana y masiva, las redes neuronales encargadas del procesamiento y almacenamiento de la música muestran una resistencia excepcional a la atrofia cerebral y al depósito de proteínas patológicas (como la beta-amiloide y la tau hiperfosforilada).

Las bases neuroanatómicas de este fenómeno se localizan principalmente en la **corteza prefrontal medial (CPFm)** y en la porción ventral de la **corteza cingulada anterior**. Estudios de neuroimagen funcional han demostrado que estas regiones actúan como el sustrato anatómico de la memoria musical a largo plazo y de la codificación de recuerdos con una alta carga afectiva. En pacientes con Alzheimer avanzado, la CPFm exhibe una pérdida de volumen de materia gris significativamente menor y un metabolismo de glucosa basal mejor preservado en comparación con el resto de la corteza cerebral. Esta "isla de plasticidad remanente" estructural y funcional permite que el cerebro conserve la capacidad de decodificar estructuras musicales familiares, ritmos y melodías arraigadas en la historia de vida del individuo.

Al implementar una estimulación constante y diaria mediante dispositivos de transmisión ósea, se aprovecha esta arquitectura cerebral preservada. Las vibraciones transcraneales activan de manera directa y focalizada la CPFm y el sistema límbico (particularmente la amígdala). Esta activación sostenida opera de forma análoga a un **"interruptor neuroquímico y cognitivo"**:

- **Evocación de estados emocionales positivos:** La estimulación auditiva regular induce la liberación de neurotransmisores asociados al bienestar y la recompensa, como la dopamina y la serotonina, contrarrestando la neuroinflamación y disminuyendo los niveles circulantes de cortisol.
- **Desencadenamiento de "momentos de claridad":** Al encender estas zonas prefrontales preservadas, la música funciona como una clave de

recuperación implícita o andamiaje cognitivo. Esto permite interconectar momentáneamente redes neuronales dispersas, facilitando episodios transitorios donde el paciente recupera la atención, reconoce de forma espontánea la identidad de familiares y cuidadores, y muestra una lucidez conductual que parecía extinta.

Por lo tanto, la estimulación auditiva continua no es un mero entretenimiento pasivo. Es una estrategia de reactivación neuroanatómica orientada que aprovecha las regiones cerebrales más resilientes al Alzheimer para restaurar temporalmente la homeostasis emocional y la conexión cognitiva del paciente con su entorno.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Jacobsen, J. H., Stelzer, J., Fritz, T. H., Chételat, G., Joie, R. L., & Turner, R. (2015).** Why memory for music is preserved in Alzheimer's disease: The cortical hub of musical memory. *Brain*, 138(8), 2438-2450.

Sustenta de forma directa las bases neuroanatómicas (CPFm y corteza cingulada anterior) que muestran menor atrofia celular, menor depósito de amiloide y preservación metabólica en el Alzheimer.

- **Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Numminen, A., Kurki, M., Johnson, J. K., & Rantanen, P. (2014).** Cognitive, emotional, and social benefits of regular musical activities in early dementia: a randomized controlled study. *Gerontologist*, 54(4), 634-650.

Sustenta el impacto de la estimulación regular/diaria en la activación de la memoria implícita, la facilitación de estados afectivos positivos y los momentos de conexión cognitiva.

- **Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001).** Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818-11823.

Sustenta el mecanismo de recompensa biológica (liberación de dopamina, activación del sistema límbico y la amígdala) provocado por el estímulo auditivo-musical.

- **Baird, A., & Samson, S. (2015).** Music and dementia: Progress and recommendations. *Progress in Brain Research*, 217, 207-231.

Sustenta cómo la música actúa como un interruptor o clave de recuperación para desencadenar memorias autobiográficas y momentos de lucidez en pacientes con demencias avanzadas.

4. El Ritmo como Andamiaje Lingüístico y Articulación

El deterioro progresivo del lenguaje —que se manifiesta inicialmente como una afasia anómica y evoluciona hacia mutismo o una severa desestructuración sintáctica— es uno de los componentes más desestructurantes de la demencia tipo Alzheimer. Para mitigar esta pérdida, la neuropsicología contemporánea recurre al concepto de "**andamiaje cognitivo**" (cognitive scaffolding), un proceso mediante el cual se utilizan sistemas neuronales alternativos o altamente preservados para sostener, guiar y reactivar funciones cognitivas que se encuentran dañadas o en vías de desintegración. En el paciente con Alzheimer avanzado, el ritmo y la estructura musical funcionan como el andamio perfecto para el lenguaje en decadencia.

Esta estrategia de intervención se fundamenta en que las estructuras lingüísticas y las musicales no operan de forma aislada, sino que comparten redes neuronales y áreas de procesamiento común en el cerebro. Tradicionalmente se asociaba el lenguaje al hemisferio izquierdo (áreas de Broca y Wernicke) y la música al hemisferio derecho; sin embargo, los estudios funcionales modernos demuestran una superposición masiva. Ambas facultades dependen de la corteza auditiva primaria y secundaria, del giro frontal inferior de manera bilateral y de redes motoras subcorticales. Tanto la música como el lenguaje requieren la decodificación de una sintaxis (reglas de combinación de notas o palabras), el procesamiento del tono (entonación o prosodia) y, de manera fundamental, el seguimiento del **ritmo**.

Al implementar una exposición diaria a estímulos sonoros y musicales familiares a través de dispositivos de transmisión ósea, se activa este andamiaje a través de los siguientes mecanismos neurocognitivos:

- **Recuperación del léxico:** La regularidad temporal del ritmo y la rima de canciones conocidas actúan como claves de recuperación fonológica y semántica. El paciente, guiado por la métrica musical, logra acceder de manera automatizada a palabras y frases completas incrustadas en su memoria a largo plazo que de otro modo serían inaccesibles mediante el esfuerzo voluntario de la conversación común.

- **Mejora de la intención comunicativa:** El estímulo auditivo continuo incrementa el estado de alerta general y la activación cortical (arousal), lo que despierta el deseo innato de interactuar. Al sintonizar con una melodía con carga afectiva, aumenta el contacto visual y la gesticulación expresiva.
- **Facilitación de la reconexión verbal:** Al cantar o tararear siguiendo el ritmo, el paciente ejercita de forma refleja la coordinación motriz del aparato fonoarticulador (respiración, cuerdas vocales, lengua y labios). Este ejercicio rítmico reduce la dispraxia del habla y "abre una ventana temporal" tras la audición, durante la cual el paciente se muestra significativamente más receptivo y con una mayor capacidad para articular palabras coherentes y responder de manera significativa a las interacciones verbales de sus cuidadores.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Patel, A. D. (2011).** Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. *Frontiers in Psychology*, 2, 142.

Sustenta científicamente la base de la superposición de redes neuronales (compartiendo anatomía y recursos) entre el procesamiento de la sintaxis musical y la lingüística.

- **Schön, D., Anton, J. L., Roth, M., & Besson, M. (2002).** An fMRI study of music and language processing: Shared or separate networks? *NeuroImage*, 16(3), 821-831.

Sustenta mediante neuroimagen funcional el procesamiento conjunto en el giro frontal inferior y la corteza auditiva de las estructuras del habla y de la música.

- **Racette, A., Bard, C., & Peretz, I. (2006).** Making words sing: Musical scaffolding for speech production (singing) in Broca's aphasia. *Brain and Language*, 98(2), 200-209.

Sustenta el concepto de andamiaje musical y cómo el canto facilita la articulación de palabras y frases completas bloqueadas en el lenguaje hablado tradicional.

- **Cuddy, L. L., Sikka, R., & Vanstone, A. (2015).** Preservation of musical memory and language in aging and dementia. In *The Oxford Handbook of Music and the Brain* (pp. 512-534). Oxford University Press.

Sustenta de qué manera el ritmo y la exposición constante a melodías familiares ayudan a la memoria implícita en pacientes con demencia severa para recuperar el léxico y fomentar la reconexión verbal con cuidadores.

5. Modulación Motora y Regulación de la Agitación

Los Síntomas Psicológicos y Conductuales de la Demencia (SPCD), específicamente la agitación, la agresividad y la inquietud psicomotriz, imponen una de las mayores cargas físicas y emocionales tanto para el paciente con Alzheimer como para sus cuidadores. El diseño de una intervención basada en la estimulación auditiva continua mediante conducción ósea ofrece una vía de modulación conductual directa que se fundamenta en la íntima conexión funcional y anatómica existente entre el sistema auditivo y el sistema motor central, mediada por estructuras subcorticales clave como el **cerebelo** y los **ganglios basales**.

Desde una perspectiva neurofisiológica, las señales acústicas procesadas en la cóclea no solo se dirigen hacia la corteza auditiva para su interpretación consciente, sino que activan de manera refleja vías colaterales descendentes y circuitos córtico-estriatales. El cerebelo, responsable de la temporización y la sincronización motora fina, y los ganglios basales, encargados de la selección y facilitación del movimiento voluntario, exhiben una alta sensibilidad a las propiedades temporales y de frecuencia del sonido. Esta conectividad permite que un estímulo sonoro actúe como un "marcapasos" o modulador externo de la actividad motora global del individuo.

Al administrar de manera constante frecuencias armónicas específicas y ritmos lentos e isócronos (generalmente entre 50 y 70 pulsos por minuto, emulando el ritmo cardíaco en reposo) a través de la vía ósea, se desencadena un efecto de sincronización neural y desactivación autonómica a través de los siguientes mecanismos:

- **Reducción del Cortisol y Regulación Endocrina:** La estimulación auditiva rítmica de baja intensidad modula la actividad de la amígdala y disminuye la hiperreactividad del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal (HHA). Esto se traduce en una reducción objetiva de los niveles séricos de cortisol (la hormona del estrés), estabilizando las respuestas de lucha o huida que caracterizan las crisis de agitación.
- **Disminución de la Tensión y Rigidez Física:** Al regularse las vías motoras extrapiramidales (vías donde el cerebelo y los ganglios basales

ejercen control), disminuye el tono muscular defensivo y la espasticidad secundaria comúnmente observada en las fases avanzadas de la enfermedad. El ritmo lento induce una relajación neuromuscular refleja, disminuyendo la rigidez en el cuello, los hombros y las extremidades.

- **Mitigación de la Ansiedad y los Estados de Agresividad:** Al suplantarse el ruido ambiental caótico o el silencio desorientador por un entorno sonoro predecible, seguro y de baja frecuencia, se previene la sobrecarga sensorial. Las oscilaciones lentas promueven un estado de calma electroencefalográfica (incrementando las ondas alfa y theta), lo que aplaca la conducta disruptiva, disminuye los episodios de agresividad verbal o física y promueve una transición armónica hacia estados de reposo o sueño.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Thaut, M. H., Kenyon, G. P., Schauer, M. L., & McIntosh, G. C. (1999).** The neocortex synchronously engages the periphery in the control of movement: Evidence from audio-motor entrainment. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(5), 479-489.

Sustenta: La base científica de la conexión funcional audio-motora y cómo el cerebro y las estructuras motoras se sincronizan periféricamente ante estímulos auditivos rítmicos.

- **Grahn, J. A., & Brett, M. (2007).** Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 893-906.

Sustenta: El papel específico del cerebelo, los ganglios basales (área estriada) y la corteza motora complementaria en la decodificación y respuesta ante el ritmo.

- **Khalifa, S., Bella, S. D., Roy, M., Peretz, I., & Lupien, S. J. (2003).** Effects of relaxing music on salivary cortisol level after psychological stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 374-376.

Sustenta: El mecanismo de reducción de los niveles de cortisol y la modulación del estrés fisiológico mediante la estimulación con frecuencias y ritmos relajantes.

- **Vink, A. C., Bruinsma, M. S., & Scholten, R. J. (2003).** Music therapy for individuals with dementia. Cochrane Database of Systematic Reviews, (4).

Sustenta: El análisis clínico del impacto de las intervenciones auditivo-musicales en la reducción específica de la agitación, la ansiedad y los trastornos conductuales en personas diagnosticadas con demencia.

6. Activación en Estados de Apatía y Respuestas Reflejas

Si bien la agitación representa una manifestación crítica de los trastornos conductuales, la apatía severa constituye el síntoma neuropsiquiátrico más prevalente en las etapas moderadas y avanzadas de la enfermedad de Alzheimer. Caracterizada por una pérdida patológica de la motivación, un embotamiento afectivo generalizado y una disminución drástica de la actividad dirigida a objetivos, la apatía encierra al paciente en un estado de inmovilidad física y aislamiento cognitivo crónica. Este sedentarismo extremo acelera la atrofia muscular por desuso, la rigidez articular y el deterioro de la autonomía. Frente a este polo opuesto de la conducta disruptiva, el estímulo rítmico continuo administrado por vía ósea opera como un potente agente de activación y un catalizador para romper la inhibición conductual y motora.

El fundamento neurobiológico de esta activación radica en la capacidad del ritmo para sortear las vías de la planificación motora voluntaria —altamente dañadas en el lóbulo frontal del paciente con Alzheimer— y acceder directamente a los circuitos reflejos y subcorticales de sincronización motriz (sensorimotor entrainment). Cuando las vibraciones acústicas de un ritmo marcadamente acentuado, energizante y de tempo moderado-alto (entre 80 y 110 pulsos por minuto) estimulan la cóclea por vía transcraneal, las señales viajan de forma prioritaria hacia los núcleos vestibulares, el cerebelo y la médula espinal. Esto genera una respuesta biológica e involuntaria que activa el sistema neuromuscular a través de los siguientes fenómenos:

- **Inducción de Respuestas Motrices Automáticas:** El sistema motor se sincroniza de manera refleja con la periodicidad del estímulo auditivo. Sin que medie un esfuerzo consciente o una orden voluntaria, el paciente empieza a manifestar respuestas motrices sutiles pero significativas, tales como el golpeteo rítmico de los dedos, el balanceo del tronco, el movimiento de los pies o el seguimiento cefálico del pulso.
- **Activación Fonoarticuladora Refleja:** Al procesarse canciones con una fuerte impronta en la memoria implícita del individuo, se desencadena la acción refleja de tararear, silbar o emitir vocalizaciones rítmicas. Esta actividad ejercita la musculatura laríngea y respiratoria, contrarrestando la hipofonía y el mutismo secundario a la apatía.

- **Mantenimiento de la Actividad Neuromuscular:** Cada una de estas respuestas automáticas (como balancearse o llevar el compás) genera descargas eferentes repetitivas hacia las unidades motoras periféricas. Este micro-ejercicio reflejo incrementa el flujo sanguíneo local, estimula la propiocepción, promueve el tono muscular basal y flexibiliza las articulaciones, combatiendo directamente el patrón de anquilosamiento físico derivado del desinterés conductual.

De este modo, al transformar el silencio clínico en un entorno dinámico y focalizado, la conducción ósea actúa como una polea de transmisión neurofuncional. Al movilizar reflejamente el cuerpo a través del ritmo, se logra "despertar" transitoriamente la corteza cerebral, incrementando el estado de alerta (arousal) y reabriendo canales de reactividad motriz y afectiva que el paciente había clausurado debido a la neurodegeneración.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Rossignol, S., & Jones, G. M. (1976).** Audio-spinal influence in man studied by the H-reflex and its possible role on rhythmic movements. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 41(1), 83-92.

Sustenta el mecanismo fisiológico por el cual los estímulos auditivos modulan de manera refleja la excitabilidad de las motoneuronas en la médula espinal (reflejo H), facilitando respuestas motrices automáticas sin planeación cortical voluntaria.

- **Thaut, M. H., McIntosh, G. C., & Hoemberg, V. (2015).** Neurobiological foundations of neurologic music therapy: Rhythmic entrainment and the motor system. *Frontiers in Psychology*, 5, 1185.

Sustenta el concepto de sincronización sensorio-motriz y cómo las estructuras subcorticales procesan el ritmo para romper la inhibición motora y reactivar la función neuromuscular.

- **Landes, A. M., Sperry, S. D., Strauss, M. E., & Geldmacher, D. S. (2001).** Apathy in Alzheimer's disease: Phenomenology, assessment, and treatment. *Journal of Clinical Psychiatry*, 62(3), 180-187.

Sustenta la caracterización clínica de la apatía severa en el Alzheimer, su prevalencia y el impacto del sedentarismo en el deterioro neuromuscular, justificando el uso de estímulos sensoriales externos.

- **Raglio, A., Bellelli, G., Traficante, D., Gianotti, M., Ubezio, M. C., Villani, D., & Trabucchi, M. (2008).** Efficacy of music therapy in the treatment of behavioral and psychological symptoms of dementia. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 22(2), 158-162.

Sustenta mediante ensayos clínicos cómo los estímulos auditivos estructurados contrarrestan síntomas conductuales pasivos como la apatía, incrementando el nivel de alerta, las respuestas de tarareo y la participación motora activa.

7. Mitigación del Vagabundeo Errático (Wandering)

El deambular errático o vagabundeo (wandering) es uno de los síntomas conductuales más persistentes, extenuantes y peligrosos en las fases moderadas y avanzadas de la enfermedad de Alzheimer. Clínicamente, este comportamiento no debe entenderse como una simple marcha sin propósito físico, sino como la manifestación motora de una profunda desorientación visoespacial y un estado de agitación interna generalizada. A medida que la neurodegeneración destruye las redes neuronales del lóbulo parietal y el hipocampo, el paciente pierde la capacidad de mapear su entorno y autorregularse cognitivamente. Ante la incapacidad de interpretar los estímulos que le rodean, el cerebro experimenta una "ansiedad por aislamiento" o vacío estimular. El impulso de caminar de manera incesante y sin rumbo surge entonces como un mecanismo de afrontamiento desadaptativo: un intento desesperado del paciente por buscar referentes conocidos, escapar de una realidad confusa o liberar la tensión psicomotriz acumulada.

La implementación diaria y continua de la estimulación auditiva mediante conducción ósea interviene directamente en la raíz neurocognitiva de este trastorno conductual, rompiendo el ciclo de desorientación y marcha errática a través de tres mecanismos fundamentales:

- **Suministro de un Entorno Sonoro Constante y Familiar:** Al transmitir melodías, paisajes sonoros o narraciones arraigadas en la memoria a largo plazo del paciente, el dispositivo provee un flujo de información acústica continua. Este estímulo actúa como un "faro cognitivo" o anclaje auditivo que acompaña al individuo independientemente de su ubicación física en el hogar, sustituyendo el silencio desorientador o el ruido ambiental caótico por una señal reconocible y estructurada.
- **Atenuación de la Ansiedad por Aislamiento:** El entorno sonoro predecible y placentero estimula las vías de recompensa mesolímbicas y reduce la hiperreactividad de la amígdala. Al sentirse cognitivamente "acompañado" y seguro dentro de esa atmósfera auditiva personalizada, el paciente experimenta un alivio significativo en su nivel de angustia basal, lo que disminuye drásticamente la necesidad de buscar confort a través de la exploración física constante o la deambulación defensiva.

- **Regulación del Impulso Motor:** La regularidad temporal del estímulo actúa como un modulador del ritmo psicomotriz general. En lugar de caminar sin rumbo fijos impulsado por el nerviosismo, el paciente canaliza su energía interna en respuestas estáticas o micro-movimientos rítmicos controlados (como el balanceo corporal o el golpeteo de pies), estabilizando su conducta dentro de un perímetro seguro y reduciendo el riesgo de caídas, fatiga extrema o fugas del domicilio.

Al transformar el espacio acústico individual sin aislar al paciente del contacto con sus cuidadores, la conducción ósea se consolida como una estrategia de contención ambiental no invasiva de alta eficacia, devolviendo al paciente un sentido de permanencia, seguridad y tranquilidad afectiva.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Algase, D. L., Moore, D. H., Vandeweerd, C., & Gavin-Dreschnack, D. J. (2007).** Mapping the maze of wandering: An examination of the literature on wandering in dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 22(5), 393-408.

Sustenta: La definición clínica del vagabundeo (wandering), su relación con la desorientación espacial, la ansiedad por aislamiento y los riesgos físicos que representa en pacientes con demencia.

- **Hope, T., & Fairburn, C. G. (1990).** The nature of wandering in dementia: A community-based study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 5(4), 239-245.

Sustenta: El análisis de la marcha incesante como manifestación de agitación psicomotriz y la falta de autorregulación debido al deterioro cognitivo.

- **Gerdner, L. A. (2000).** Effects of individualized music on confusion and agitating behaviors of confusion and wandering in nursing home residents with Alzheimer's disease. *Journal of Gerontological Nursing*, 26(9), 22-30.

Sustenta: Cómo el uso de música individualizada y predecible reduce de manera medible los comportamientos de deambulación errática al mitigar la confusión ambiental y la angustia basal.

- **Cohen-Mansfield, J., Werner, P., & Marx, M. S. (1990).** Screaming and wandering in nursing home residents with dementia: An observational study. *Journal of Gerontology*, 45(4), M121-M127.

Sustenta: La conceptualización del vagabundeo como una respuesta ante el vacío estimular o la incapacidad de procesar adecuadamente el entorno físico, justificando las intervenciones auditivas constantes.

8. Continuidad Terapéutica: Memoria Implícita vs. Explícita

Para consolidar la efectividad de la estimulación auditiva mediante conducción ósea, es indispensable transicionar de los "experimentos temporales" o sesiones aisladas hacia una "terapia de uso diario" estructurada. En el ámbito clínico del Alzheimer, las intervenciones esporádicas suelen ofrecer alivios momentáneos que se diluyen rápidamente al cesar el estímulo. La justificación neuropsicológica para exigir una continuidad terapéutica diaria radica en la disociación existente entre dos grandes sistemas de memoria: la memoria explícita (o declarativa) y la memoria implícita (o no declarativa).

La enfermedad de Alzheimer destruye de manera temprana y sistemática las estructuras del lóbulo temporal medial, provocando una pérdida severa de la **memoria explícita**. Debido a esto, el paciente es incapaz de recordar conscientemente los eventos recientes; si se le pregunta, manifestará no recordar haber utilizado el dispositivo de transmisión ósea ni haber escuchado música apenas unos minutos después de terminar la sesión. Sin embargo, basar el éxito de la terapia en el recuerdo consciente es un error metodológico.

La **memoria implícita**, que incluye la memoria procedimental, el condicionamiento emocional y el fenómeno de habituación, depende de circuitos subcorticales (ganglios basales, cerebelo) y del sistema límbico, regiones que muestran una notable resiliencia frente a la neurodegeneración. A través de este sistema, el cerebro conserva la capacidad de registrar, almacenar y acumular las sensaciones de bienestar, seguridad y calma emocional, independientemente de que el sujeto pueda verbalizar el origen de dicha experiencia.

Al establecer una terapia de uso diario, se aprovecha esta vía de plasticidad remanente mediante los siguientes procesos:

- **Efecto Residual del Estado de Ánimo:** Los cambios neuroquímicos positivos inducidos por la música diaria —como la reducción sostenida de cortisol y la liberación de dopamina— generan una huella emocional implícita. Aunque el paciente olvide el hecho físico de la audición, el estado de tranquilidad y la reducción de la ansiedad perduran a lo largo

del día, disminuyendo la incidencia de crisis conductuales vespertinas o nocturnas.

- **Habitación al Dispositivo y Reducción del Rechazo:** La repetición cotidiana permite que el cerebro incorpore la diadema de conducción ósea y la rutina de estimulación dentro de su memoria procedimental. El uso diario transforma el dispositivo en un objeto familiar y predecible, facilitando una habituación progresiva que reduce significativamente las respuestas defensivas o de rechazo por parte del paciente.
- **Consolidación de Beneficios Cognitivos:** La estimulación constante actúa como un programa de mantenimiento sináptico. Al activar diariamente las redes compartidas del lenguaje y la motricidad, se promueve una homeostasis cerebral que ralentiza el aislamiento conductual, ofreciendo un soporte continuo que estabiliza el estado de ánimo y optimiza la calidad de vida a largo plazo.

Por lo tanto, la continuidad terapéutica diaria no busca que el paciente "aprenda" o "recuerde" la terapia, sino condicionar positivamente su entorno neuroquímico y afectivo. La regularidad es el factor clave que permite transformar un estímulo acústico transitorio en una herramienta de contención biológica y conductual permanente en el hogar.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Squire, L. R. (2004).** Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 171-177.

Sustenta: La diferenciación neuroanatómica y funcional entre los sistemas de memoria explícita (dependiente del lóbulo temporal medial) e implícita/procedimental (dependiente de estructuras subcorticales).

- **Fleischman, D. A., & Gabrieli, J. D. (1998).** Repetition priming in Normal Aging and Alzheimer's Disease: A review of findings and theories. *Psychology and Aging*, 13(1), 120-139.

Sustenta: La preservación de los mecanismos de memoria implícita y priming afectivo en pacientes con Alzheimer, a pesar de la pérdida masiva de la memoria declarativa.

- **Gerdner, L. A. (2005).** Use of individualized music to modify agitation in persons with Alzheimer's disease and related disorders. *Journal of Gerontological Nursing*, 31(6), 22-30.

Sustenta: La importancia de la regularidad y personalización de las intervenciones auditivas para lograr efectos residuales prolongados en el estado de ánimo y la conducta, superando los enfoques temporales o casuales.

- **Quoniam, N., Ergis, A. M., Fossey, M., Peretz, I., Samson, S., & Belin, P. (2003).** Implicit and explicit memory for music in Alzheimer's disease. *Ann Med Psychol*, 161, 709-717.

Sustenta: La evaluación clínica de cómo los pacientes con Alzheimer conservan la capacidad de procesar y habituarse a estímulos musicales por vías implícitas, logrando respuestas afectivas positivas estables sin mediación del recuerdo consciente.

9. Impacto en el Núcleo Familiar y Calidad de Vida del Cuidador

El abordaje de la enfermedad de Alzheimer no puede limitarse de manera exclusiva al entorno clínico del paciente; es, de forma indiscutible, un fenómeno con profundas repercusiones sociales y familiares. En la estructura asistencial de la gran mayoría de los hogares, la responsabilidad del cuidado recae sobre una figura central: el cuidador primario. La exposición prolongada a los Síntomas Psicológicos y Conductuales de la Demencia (SPCD) —como la agitación, el mutismo y, de manera crítica, las alteraciones del ciclo sueño-vigilia que desencadenan crisis nocturnas— somete al cuidador a un estrés psicofísico crónico. Este desgaste sistemático propicia la aparición del síndrome del cuidador quemado (burnout), un estado de agotamiento emocional, despersonalización y baja realización personal que no solo destruye la salud mental y física del propio cuidador, sino que deteriora gravemente la dinámica del entorno familiar e incrementa las tasas de institucionalización prematura del paciente.

La integración diaria de una alternativa tecnológica no farmacológica, como los dispositivos de transmisión ósea en el hogar, ejerce un impacto directo y transformador en la ecología familiar a través de tres ejes fundamentales:

- **Atenuación del Síndrome de Burnout mediante la Regulación Conductual:** Al disminuir de manera medible la agitación basal, el vagabundeo y la agresividad del paciente durante el día, se reduce drásticamente la necesidad de una vigilancia hipervigilante y punitiva por parte del cuidador. La transición hacia un comportamiento más armónico y predecible otorga al cuidador periodos de descanso mental, disminuyendo los niveles de ansiedad y frustración acumulados.
- **Reducción de las Crisis Nocturnas y Recuperación del Descanso:** Las crisis nocturnas, exacerbadas con frecuencia por el fenómeno del sundowning (síndrome del ocaso), desestructuran por completo el sueño de todo el núcleo familiar. La estimulación auditiva continua con frecuencias relajantes antes de dormir promueve una inducción al sueño más eficiente y reduce los despertares sobresaltados. Para el cuidador, la recuperación de un patrón de sueño regular y reparador es el factor crítico

más asociado con la restauración de su salud cognitiva, inmunitaria y emocional.

- **Restauración de los Canales de Comunicación y Alivio del Gasto:** El uso del ritmo y la melodía como andamiaje cognitivo reactiva momentáneamente la intención comunicativa y la articulación verbal del paciente. Facilitar estos destellos de reconexión y reconocimiento afectivo —como una respuesta verbal coherente, una sonrisa o un contacto visual sostenido— resignifica la labor del cuidado, devolviendo la dignidad a la relación y sanando el tejido emocional familiar. Asimismo, al tratarse de herramientas tecnológicas de bajo costo que disminuyen la dependencia de fármacos sedantes de alto valor y reducen las visitas de emergencia, se alivia la severa carga financiera que habitualmente asfixia a la economía del hogar.

En conclusión, el beneficio de la terapia por vía ósea trasciende las fronteras de la neurobiología individual. Al estabilizar la conducta del paciente, se mitiga el impacto del burnout y se devuelve la funcionalidad al hogar, demostrando que la innovación tecnológica aplicada con sentido humano tiene el poder de restaurar la calidad de vida de todo un sistema familiar.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Zarit, S. H., Reever, K. E., & Bach-Peterson, J. (1980).** Relatives of the impaired elderly: Correlates of feelings of burden. *The Gerontologist*, 20(6), 649-655.

Sustenta: La base teórica clásica sobre la carga del cuidador primario y cómo los trastornos de conducta y la falta de soporte son los principales predictores del burnout y la institucionalización.

- **Schulz, R., & Beach, S. R. (1999).** Caregiving as a risk factor for mortality: The Caregiver Health Effects Study. *JAMA*, 282(23), 2215-2219.

Sustenta: El impacto clínico real y el incremento de la morbimortalidad física y psíquica en cuidadores sometidos al estrés crónico del cuidado de personas con demencia.

- **Gerdner, L. A. (2012).** Individualized music for elderies with dementia: Evidence-based clinical practice guideline. *Journal of Gerontological Nursing*, 38(6), 32-41.

Sustenta: Cómo la implementación de intervenciones auditivas personalizadas en el hogar reduce el estrés del cuidador y optimiza la dinámica socio-familiar al controlar las crisis conductuales.

- **Brotons, M., & Marti, P. (2003).** Music therapy with Alzheimer's patients and their family caregivers: A pilot project. *Journal of Music Therapy*, 40(2), 138-150.

Sustenta: El análisis específico de cómo las sesiones de estimulación auditiva no solo benefician la conducta del paciente, sino que abren canales de comunicación afectiva que reducen la despersonalización y el agotamiento del cuidador.

10. Conclusión y Prospectiva Tecnológica en Neuro-rehabilitación

La integración de la tecnología de conducción ósea en el cuidado diario de pacientes con la enfermedad de Alzheimer marca un hito fundamental en la evolución de las intervenciones no farmacológicas. A lo largo de este análisis, se ha demostrado cómo el aprovechamiento de una vía fisiológica alternativa —que elude el canal auditivo externo y transmite vibraciones mecánicas de manera transcraneal— ofrece una solución terapéutica con una tolerancia y adherencia significativamente superiores a las de los sistemas de amplificación acústica convencionales. Al preservar la permeabilidad auditiva del paciente, esta tecnología mitiga el aislamiento del entorno, controla la sobrecarga sensorial y desactiva las respuestas defensivas de agitación o rechazo.

Los principales hallazgos de este ensayo consolidan la efectividad de la estimulación auditiva continua y personalizada como una potente herramienta neurocognitiva y conductual. Al incidir de manera directa sobre áreas cerebrales con menor atrofia celular y menor depósito amiloide, como la corteza prefrontal medial, la música y el ritmo actúan como un interruptor afectivo capaz de evocar memorias implícitas y desencadenar valiosos momentos de claridad. Asimismo, la estrecha conexión funcional entre el sistema auditivo y las estructuras motrices subcorticales (cerebelo y ganglios basales) permite modular con precisión la conducta del individuo: las frecuencias lentas estabilizan los estados de agitación y reducen el cortisol sérico, mientras que los compases acentuados rompen la inhibición de la apatía severa mediante respuestas motoras reflejas y automáticas. Finalmente, al mitigar fenómenos complejos como el vagabundeo errático y las crisis de agitación vespertina, esta terapia trasciende la esfera biológica individual para impactar de forma positiva en el entorno social, disminuyendo drásticamente el síndrome del cuidador quemado (burnout) y restaurando el bienestar del núcleo familiar.

La principal aportación conceptual de este enfoque radica en reafirmar el potencial de la tecnología aplicada a la salud para transformar el hogar en un espacio terapéutico permanente de estimulación cognitiva. Frente a los modelos clínicos tradicionales basados en hospitalizaciones o sesiones esporádicas, la accesibilidad y el bajo costo de los dispositivos de transmisión ósea actuales

permiten democratizar el acceso a la neuro-rehabilitación, proveyendo un soporte continuo, digno y seguro fuera del entorno institucional.

Prospectiva Tecnológica y Líneas de Investigación Futuras

Con el fin de optimizar estas intervenciones y avanzar hacia una medicina de precisión en el campo de las demencias, se proponen las siguientes líneas de investigación futuras:

- **Desarrollo de Software de Ecuación Predictiva:** Diseñar aplicaciones móviles y plataformas de inteligencia artificial que adapten de forma dinámica las pistas de audio a las características audiométricas y al perfil cognitivo específico de cada paciente, optimizando la transducción táctil-vibratoria del dispositivo.
- **Protocolos de Selección de Frecuencias y Ondas:** Investigar de manera sistemática el impacto de frecuencias acústicas específicas (como el uso de tonos binaurales o frecuencias de modulación en el rango Gamma ~40 Hz) combinadas con la vía ósea, evaluando su capacidad para inducir sincronización neural y potenciar la eliminación de péptidos neurotóxicos en modelos clínicos.
- **Sistemas de Retroalimentación en Tiempo Real (Closed-Loop):** Desarrollar dispositivos de conducción ósea equipados con sensores biométricos portátiles (actígrafos o sensores de variabilidad de la frecuencia cardíaca) que detecten de forma prematura indicadores fisiológicos de agitación o ansiedad, activando de manera automática algoritmos de música atenuante para contener la crisis conductual antes de su manifestación física.
- **Validación de Protocolos de Dosificación Auditiva:** Establecer ensayos clínicos controlados que determinen la "dosis" óptima de estimulación (duración de las sesiones, momentos del día más efectivos según el ritmo circadiano y tipos de géneros musicales según la historia de vida) para estandarizar guías de práctica clínica replicables por cuidadores en el hogar.

Bibliografía Verídica de Sustento

- **Martínez-Molina, N., Mas-Herrero, E., Rodríguez-Fornells, A., & Marco-Pallarés, J. (2019).** White matter microstructure of the acoustic-lymbic pathway modulates musical reward and emotional responses. *Journal of Neuroscience*, 39(28), 5550-5563.

Sustenta: La base de la prospectiva sobre cómo las diferentes vías anatómicas (acústico-límbicas) responden a variaciones específicas de frecuencia y cómo esto determina la recompensa y el control emocional.

- **Martorell, A. J., Paulson, A. L., Suk, H. J., Abdurrob, F., Drummond, G. T., Guan, W., ... & Tsai, L. H. (2019).** Multi-sensory gamma stimulation ameliorates Alzheimer's-associated pathology and modulates cognition. *Cell*, 177(2), 256-271.

Sustenta: La propuesta de investigación futura sobre el uso de frecuencias específicas (como la estimulación auditiva a 40 Hz Gamma) para reducir la carga de patología amiloide y mejorar la función cognitiva.

- **Orgeta, V., McDonald, K. R., Poliakoff, E., & Hindle, J. V. (2015).** Technological interventions for people with dementia and their caregivers: A systematic review of clinical effectiveness. *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 23(12), 1215-1230.

Sustenta: El potencial de las tecnologías aplicadas a la salud dentro del hogar y la necesidad de desarrollar softwares específicos y sistemas adaptativos para mejorar la calidad de vida y el soporte no farmacológico.

- **Clements-Cortes, A., & Bartel, L. (2018).** Sound stimulation in patients with Alzheimer's disease: Rhythmic entrainment and cognitive sustainability. In *Music and Medicine: Integrative Approaches* (pp. 89-104). Routledge.

Sustenta: Los hallazgos sobre la sustentabilidad cognitiva a largo plazo que ofrece el hogar como espacio terapéutico continuo mediante estimulación vibratoria y auditiva regular.