



Monografía: Neurociencias de las funciones ejecutivas, el lenguaje y la lengua de señas.

Yorland Styben Arévalo Hernández

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO

Rectoría Bogotá-Cundinamarca-Boyacá

Centro Universitario Noroccidente Bogotá (Engativá)

Escuela de Ciencias Humanas y Sociales

Psicología Presencial

Mayo del 2025

Monografía: Neurociencias de las funciones ejecutivas, el lenguaje y la lengua de señas.

Yorland Styben Arévalo Hernández

Monografía presentada como requisito para optar al título de Psicólogo

Asesor(a)

Mg. Diana Marcela León Pachón

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO

Rectoría Bogotá-Cundinamarca-Boyacá

Centro Universitario Noroccidente Bogotá (Engativá)

Escuela de Ciencias Humanas y Sociales

Psicología Presencial

Mayo del 2025

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar gracias a mi señora madre por su amor, su bondad y la ayuda que me ha dado a lo largo de la carrera y la vida, a mi padre, a mi mejor amigo, quien ha estado ahí para mí en los momentos más felices y difíciles, a mi pareja, que me ha orientado y apoyado en esos momentos de altibajos emocionales, quien me ha brindado una perspectiva totalmente diferente de mis habilidades y capacidades, por último, a la profesora Diana Marcela León por su dedicación, esfuerzo, pasión y profesionalismo.

En segundo lugar, es importante destacar que la elaboración de este documento ha representado un avance significativo en mi formación académica, ya que me ha llevado a reflexionar profundamente sobre mi rol profesional tanto en el ámbito investigativo como en la práctica. Asimismo, este proceso me ha permitido comprender la importancia de visibilizar una cultura que ha resistido históricamente la indiferencia social e institucional, reafirmando así el compromiso ético y profesional con poblaciones que han sido tradicionalmente marginadas.

Tabla de contenido

Agradecimientos	3
Tabla de contenido	4
Resumen	5
Abstrac	6
Introducción	7
Objetivo General.....	11
Marco Teórico.....	11
Metodología.....	19
Resultados.....	21
Categorías de análisis	36
Neurociencias	36
Lenguaje	46
Lengua de signos.	47
Funciones ejecutivas.....	52
Personas con Implante coclear.....	57
Discusión	58
Limitaciones	63
Conclusiones.....	63

Referencias	67
-------------------	----

Lista de tablas

Tabla 1	25
Tabla 2	28

Lista de Figuras

Figura 1	22
Figura 2	22
<i>Figura 3</i>	23
Figura 4	24
Figura 5	37
Figura 6	39
<i>Figura 7</i>	41

Resumen

En el sistema nervioso central, los componentes del lenguaje se organizan de manera asociativa, siguiendo reglas gramaticales y estructuras de significado. Este procesamiento involucra múltiples mecanismos que facilitan el desarrollo y uso del lenguaje, cuya vía de entrada principal varía según la modalidad: auditiva en personas oyentes y visoespacial en personas sordas. En este contexto, la lengua de señas (LS) representa una herramienta esencial para la comunicación de la población sorda.

A diferencia del lenguaje oral, la LS ha sido objeto de diversas interpretaciones en relación con su impacto sobre las funciones ejecutivas, específicamente en habilidades tales como la memoria de trabajo, la inhibición, la atención, el acceso al léxico y la planificación motora. La evidencia actual sugiere que el aprendizaje y uso de la lengua de señas se asocian con modificaciones en la plasticidad neuronal, así como con una mayor activación de las funciones ejecutivas, lo cual podría contribuir positivamente al desarrollo cognitivo de sus usuarios.

***Palabras clave.* neurociencia, lenguaje, funciones ejecutivas, personas sordas, personas oyentes.**

Abstrac

In the central nervous system, language components are organized associatively, following grammatical rules and meaning structures. This processing involves multiple mechanisms that facilitate the development and use of language, whose main way of entry varies according to modality: auditory in hearing people and visual space in deaf people. In this context, sign language (LS) represents an essential tool for communication of deaf people. Unlike oral language, LS has been the subject of various interpretations regarding its impact on executive functions, specifically in skills such as working memory, inhibition, attention, access to lexicon and motor planning. Current evidence suggests that the learning and use of sign language is associated with changes in neuronal plasticity, as well as greater activation of executive functions, which could positively contribute to the cognitive development of its users.

***Keywords.* neurosciences, language, executive functions, deaf person**

Monografía: Neurociencias de las funciones ejecutivas, el lenguaje y la lengua de señas.

Introducción

El estudio del sistema nervioso ha facilitado la comprensión de la estructura, así como de la función del ser humano en su comportamiento, cognición y emoción. Al mismo tiempo, ha proporcionado información clave para entender las propiedades físicas, químicas y biológicas de las neuronas, así como sus interacciones (Restrepo, 2019). De esta manera, las neurociencias en conjunto permiten avanzar en la investigación de fenómenos cognitivos de alto nivel, tales como el lenguaje y las funciones ejecutivas, relevantes para el contexto académico, social, al igual que en el de la salud.

De esta manera, los avances en neurociencias destacan el lenguaje como un medio de comunicación que permite el desarrollo humano, además de la creación de relaciones complejas, con patrones que refuerzan el reconocimiento y la respuesta a partir de los estímulos sonoros. Igualmente, forma parte de los procesos neuronales y cognitivos del sistema nervioso central, construyendo interacciones complejas que incluyen; sintaxis, léxico, semántica, discurso, prosodia, fonemas, morfemas, entre otros, relevantes para la estructuración de las palabras (Diegués & Peña, 2012; Kolb, 2017).

Históricamente, se ha considerado un "neuromito" la centralización del lenguaje en las áreas de Wernicke y Broca como zonas monofuncionales. Sin embargo, esta generalización ha evolucionado, ampliando la comprensión de la relación entre procesos corticales y subcorticales (Herrera, 2019). Los avances teóricos, la investigación y las técnicas experimentales desde una perspectiva neurocientífica han transformado la

comprensión de las bases neuronales del habla y el lenguaje, presentando desafíos en el reconocimiento de señales encefalograficas, la perspectiva individual de las personas y la interpretación de sus resultados (Poeppel et al., 2012).

Por otra parte, las funciones ejecutivas, según Portellano (2018), son un sistema complejo que permite solucionar problemas y alcanzar objetivos, caracterizado por la propositividad, novedad, complejidad y finalidad adaptativa, logrando metas a través de funciones y gradientes cognitivos. De esta manera, se ha investigado el papel que juegan los lóbulos frontales frente a las funciones ejecutivas y los procesos cognitivos en la planeación de la conducta humana, la flexibilidad mental en el cambio del esquema de acción o pensamiento, el control inhibitorio en el retraso de las respuestas impulsivas, el procesamiento de riesgo y beneficio u toma de decisiones frente las respuestas sociales, personales y laborales, también la abstracción para analizar los aspectos no evidenciables del entorno, la metacognición como un proceso de mayor nivel y por último, la memoria de trabajo (Flores & Ostrosky, 2012).

Por su parte, para las personas sordas, el lenguaje está mediado por la lengua de signos “lengua natural de las personas sordas, basada en el movimiento y expresiones, a través de manos, ojos, rostro, boca y el cuerpo”, reconociendo un lenguaje viso-gestual y espacial basado en el sistema de signos, los cuales presentan una relación, función y estructura propia (Marzo Peña, 2022). Adicionalmente, la lengua de señas ha proporcionado variedad de herramientas para la investigación de la neurobiología en el lenguaje del ser humano en comparación con el lenguaje hablado para el entendimiento de las articulaciones lingüísticas como lo puede ser el movimiento de manos y tracto vocal, importantes para las reglas y estructuras gramaticales, así como el sistema perceptivo y sensorial también

importante para la comprensión y producción del lenguaje (Poeppel et al. 2012). Por otro lado, el estudio de las funciones ejecutivas (FE) en personas sordas en edad temprana ha mostrado que el acceso al lenguaje anticipado de lengua de señas o la adquisición temprana del sonido podría ser un factor que podría tener un mayor impacto en el desarrollo esperado de las funciones ejecutivas de las personas sordas (Kotowicz et al., 2023; Hall, 2018).

Sin embargo, la comunidad sorda se distingue y reconoce según el Instituto Nacional para Sordos como aquellas “personas que no oyen, u oyen muy poquito” (INSOR, 2022). Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) del 2021 describe que el 5% de la población mundial, aproximadamente 430 millones de personas, presentan una pérdida de audición y 462 millones, requieren rehabilitación. Al mismo tiempo, se estima que para el 2025 este número de personas supere los 700 millones de personas. En Colombia “de acuerdo con la Encuesta Nacional de Calidad de Vida realizada por el DANE, para el año 2021, habrá 459.784 personas que se autocalifiquen con algún nivel de discapacidad auditiva (Instituto Nacional Para Sordos - INSOR, 2023).

Por lo tanto, la importancia de promover nuevas investigaciones en las personas sordas puede ampliar el conocimiento que hay sobre el lenguaje y las funciones ejecutivas, así como lo muestra el estudio realizado por Hincapié Cifuentes (2016), quien en una investigación descriptiva correlacional para Colombia, halló una relación en el lenguaje y las funciones ejecutivas al aplicar una batería para la evaluación cognitiva de niños sordos SONAR y los indicadores de la herramienta VISOR a una población escolar infantil con algún grado de hipoacusia que no presentaran compromisos neurológicos diagnosticados, y niños oyentes, destacando que el desempeño de los niños aumentaba conforme aumentaba el grado escolar, Además, se logró reconocer una disparidad en el repertorio lingüístico en

la comunicación por LS en los distintos grados escolares y también se logró evidenciar una mejora en el dominio de LS en grados superiores, igualmente, se puntualiza que en los niños sordos a mayor grado de repertorio en LS mayor será la capacidad para resolver tareas.

Posteriormente, Emmorey (2013) exploró como las personas sordas describían imágenes mediante la lengua de signos americana (ASL), enfocándose en la producción de signos clasificadores y léxicos. En la tarea de descripción, los participantes nombraban objetos y producían construcciones clasificadoras que variaban en ubicación, movimiento y tipo de objeto. En ASL, la producción de signos léxicos se limitaba a identificar el objeto, mientras que los clasificadores aportaban una representación visual y categórica. Empleando tomografía por emisión de positrones (PET), Emmorey identificó la activación de la corteza frontotemporal inferior izquierda, una región involucrada en la coordinación del movimiento manual en señas, así como en el procesamiento de clasificadores como morfemas categóricos del lenguaje. También se logró identificar la participación de los lóbulos temporales anteriores en la construcción de los clasificadores. Concluye que la construcción de clasificadores de movimiento como de ubicación involucraron la corteza parietal superior bilateral importantes en el procesamiento espacial y visoespacial.

Por otra parte, Caldwell (2022) hace un barrido documental en la diferencia del procesamiento hablado y de señas, a nivel encefálico donde encuentra algunas distinciones claves en la topografía de la negatividad anterior izquierda (LAND) el cual se ve relacionado con el procesamiento sintáctico temprano y también diferencias de las modulaciones en los componentes del potencial relacionado con eventos (ERP), además,

menciona como la lengua de señas recluta áreas parietales, como la temporo-parietal-inferior, mecanismos de retroalimentación y monitoreo propioceptivo posterior.

Por lo anterior esta monografía busca mediante la recopilación de información consultada en bases de datos, libros, artículos científicos, determinar la relación entre las funciones ejecutivas y el lenguaje en personas de la comunidad sorda, desde un campo interdisciplinario que estudia el sistema nervioso.

Objetivo General

Determinar la relación teórico-conceptual que hay entre la lengua de señas con las funciones ejecutivas y el lenguaje en las personas sordas

Objetivos específicos.

Describir neurofisiológicamente el lenguaje, las funciones ejecutivas y la lengua de señas.

Evidenciar la relación que tiene el desarrollo de las funciones ejecutivas con la lengua de señas.

Marco Teórico

En este documento se presentan investigaciones extraídas de artículos y libros, iniciando con una breve descripción de la neurobiología de la persona sorda, el lenguaje, las funciones ejecutivas y la lengua de señas. Asimismo, se destacan las diferencias entre los tipos de sordera, sus posibles causas y el reconocimiento de las personas sordas desde una perspectiva cultural.

Por consiguiente, el ser humano tiene dos órganos auditivos, conformados cada uno por el oído externo (pabellón auricular y conducto auditivo interno) oído medio y oído interno. De esta manera, el pabellón auricular u oído externo se ocupa de recoger ondas

mecánicas o de vibración sonora que pasan por la membrana timpánica y luego se transmiten a los huesecillos: martillo, yunque y estribo, después pasa al oído interno donde están los conductos cocleares y vestibulares, además, dentro de la cóclea se encuentra la endolinfa, principalmente con una alta concentración (potasio) o perilinfa con alta cantidad de (sodio) que permiten la estimulación de las células ciliadas con el objetivo de provocar impulsos eléctricos que pasen por las células del ganglio espiral que proceden del nervio auditivo para convertirse en sinapsis que llegará a la corteza auditiva (Goycoolea, 2016; Medeiros, 2022).

Igualmente, los seres humanos pueden experimentar distintos tipos de pérdida auditiva, los cuales dependen del lugar en el que se origine la lesión. Esta pérdida puede deberse a un daño en las estructuras del oído o en las células responsables de la audición, lo que dificulta la correcta percepción de los estímulos sonoros. Cuando la lesión se localiza en el oído externo o medio, se produce una hipoacusia de conducción o de transmisión, ya que afecta el paso del sonido hacia el oído interno. Por otro lado, si el daño ocurre en el oído interno, especialmente en las células sensoriales o en el nervio auditivo, se genera una hipoacusia neurosensorial o perceptiva. En los casos en que ambas zonas se ven comprometidas, se habla de una hipoacusia mixta, que combina características de ambos tipos de pérdida auditiva (Goycoolea, 2016; Medeiros, 2022).

Estas pérdidas auditivas se pueden clasificar en causa y grado. En la causa, se puede presentar a lo largo del ciclo vital, en la gestación, por una anomalía congénita o hereditaria. Igualmente, puede ocurrir por un nacimiento prematuro, o por la adherencia de alguna bacteria como la meningitis, una mal formación. En el caso de las personas adultas mayores, la pérdida auditiva suele deberse al deterioro progresivo de las células ciliadas del

oído interno, lo que afecta la capacidad para detectar sonidos con claridad (Domínguez, 2020).

Al mismo tiempo, en el grado, estas pérdidas auditivas son determinadas objetivamente por la medición de la intensidad mínima que una persona necesita para detectar el sonido, generalmente su unidad de medida son los decibelios. Una persona que tiene un umbral o grado de audición “estable” puede detectar de 0 a 20 dB; de 20 a 40 dB la persona tendría hipoacusia leve o ligera; de 40 a 70 hipoacusia media o moderada; de 70 a 90 dB hipoacusia severa; de más de 90 dB hipoacusia profunda o sordera (Consejería de educación, 2007).

Sin embargo, varios estudios han encontrado que la pérdida de una modalidad sensorial logra tener una compensación en el aumento de otras capacidades en los diferentes sistemas sensoriales, reorganizando y adaptando las estructuras neuronales, para integrar la función de dos o más sistemas (Alencar et., 2019). A lo que menciona el mismo autor que “Cross-modal visual plasticity occurs after deafness whereby the auditory system reorganizes to process visual information” [La plasticidad visual intermodal ocurre después de la sordera mediante la cual el sistema auditivo se reorganiza para procesar la información visual]. De esta manera, se destaca la capacidad que tiene el sistema nervioso para reorganizar su estructura y funcionamiento, para adaptarse a los estímulos del ambiente (Alencar et., 2019, p. 1092).

Posteriormente, en un procesamiento visual típico, y según lo señalado por Purves et al. (2008), este se inicia a través del órgano de la visión: los ojos. Estos poseen una capa interna llamada retina, en la cual se encuentran los fotorreceptores, compuestos por conos,

así como bastones, que son fundamentales para transmitir señales al cerebro. Además, el ojo cuenta con el tracto uveal junto con el cuerpo ciliar, estructuras clave para la nutrición ocular además del ajuste de la refracción del cristalino. Igualmente, se encuentran el iris, la esclerótica además de la córnea, que cumplen funciones esenciales como regular el paso de la luz, dar forma al globo ocular y permitir que los rayos luminosos atraviesen el humor acuoso hasta llegar a las cámaras anterior y posterior.

De igual manera, el procesamiento visual inicia en los fotorreceptores y se transmite progresivamente hasta llegar a la corteza visual. La información viaja desde la retina, pasando por los conos, bastones y células bipolares, hasta alcanzar el núcleo geniculado del tálamo, donde se produce la sinapsis. Luego, la señal es enviada a través de los axones de las células ganglionares y llega al disco óptico. Este proceso se divide en dos segmentos principales: el extracerebral, que incluye el globo ocular y el tálamo, y el intracerebral, compuesto por el tracto de la sustancia blanca y los hemisferios cerebrales. Además, el sistema visual desempeña funciones especializadas, que facilitan la percepción de detalles a cualquier distancia; reconocer los colores, lo cual ayuda a ver mejor las formas y tamaños de los objetos; ver en profundidad, lo que permite calcular a qué distancia están las cosas; distinguir los objetos del fondo, especialmente cuando hay poca luz; y ver tanto al frente como a los lados, lo que nos da una visión completa del espacio que nos rodea. (Neira et al., 2022).

En ese sentido, para comprender las palabra y su significado lingüístico, el sistema nervioso debe procesar y comparar los tipos de señales que ingresaron, a partir de esas señales, se van comprendiendo los tipos de información y las particularidades físicas del sonido o acústicos, de la articulación del habla o fonología, además de las reglas

gramaticales y combinaciones, también la fonología se expresa por identificar los sonidos iniciales en el habla, diferente del léxico, porque este comprende el inventario de las palabras a las que se tiene acceso, asimismo, ese léxico almacena diferentes tipos de información que entra, y posteriormente almacena la forma de la palabra, y su categoría, por ejemplo sustantivo, verbo y significado (Friederichi, 2017).

Posteriormente, al recorrido sensorial, Fodorenko y Thompson Schill (2014) mencionan que para una comprensión correcta o esperada del lenguaje, planteada en termino de redes cerebrales, como una citoarquitectura funcional, se deben tener en cuenta las regiones sensoriales del lenguaje, las regiones de articulación del habla, regiones superiores, regiones del procesamiento del lenguaje, procesamiento fonológico, del sonido, procesamiento léxico a nivel de la palabra, procesamiento combinatorio, sintáctico y semántico compositivo, nodos neuronales, redes de lenguaje, regiones especializadas, regiones de dominio.

Al mismo tiempo Friederichi (2017) habla de una citoarquitectura, conformada por el surco temporal superior, la cual conforma los procesos a nivel de red fonológica, luego surge la conexión con las redes dorsal y ventral, que se relacionan con la información fonológica y semántica, después la porción anterior temporal, quien se encarga de entregar información sobre la combinación de las palabras. Esto en representación de que las palabras generalmente no se oyen aisladas, sino requieren de reglas de combinación que contextualicen de mejor manera, la conexión entre todos los elementos léxicos perceptibles o producibles.

Por otro lado, a partir de la investigación, por ejemplo, Poeppel et al. (2012) menciona varias hipótesis con base en la comparación del lenguaje en las personas sordas y oyentes, para encontrar si hay alguna diferencia o similitud en la forma en como llegan estas representaciones lingüísticas al SNC y qué implicaciones tiene la lengua de señas en las personas sordas. Por lo tanto, dentro de este procesamiento de la información en personas sordas, se ha podido hallar en los procesos de la información lingüística, de acuerdo con Domínguez y Veldazama (2022), hay una lateralización hemisférica del lenguaje evidenciando en personas oyentes una alta correlación del lenguaje y la activación del hemisferio izquierdo del cerebro, si bien las personas sordas tienen mayor activación para el procesamiento visual que ocurre en ambos hemisferios y espacial que ocurre en el hemisferio derecho, el lenguaje en ellas también se concentra en el hemisferio izquierdo del cerebro. Emmorey (2015) señala que las lenguas de señas exploran la percepción visoespacial a nivel fonológico o de la forma, un ejemplo de ello es como la ubicación del cuerpo constituyen unidades en la construcción de la forma, mientras que, a nivel morfológico, construye el aspecto temporal por los patrones de movimientos, por otra parte, en lo sintáctico la gramática se distingue por la ubicación espacial de las señas, además también pasa en el discurso mediante el tema a signar.

Igualmente, Emmorey et al. (2014) hizo un estudio, con personas signantes y bilingües en lengua de señas, en el cual, pudieron observar una diferencia en la retroalimentación en estímulos que involucraban una entrada sensorio espacial, encontrando una diferencia en las personas oyentes, reflejando una mayor activación para su comprensión en la corteza temporal superior mientras que las personas sordas en su

comprensión, obtuvieron una mayor activación en la corteza occipital-temporal bilateral para los signos.

Anteriormente Emmorey et al. (2003) encontró en un análisis por resonancia magnética que las personas sordas no difieren en el volumen total de la sustancia gris y blanca frente a las personas oyentes, pero sí presentaban una diferencia mayor en las proporciones de materia gris y blanca en la circunvolución de Heschl, y la circunvolución temporal superior, de lo cual no impide que haya un obstáculo en el desarrollo en la comprensión del lenguaje, la percepción fonológica y escrita que tiene la persona.

Por tanto, cuando se habla de sordera, se puede entender como una privación sensorial, que afecta directamente en la comunicación y que, al mismo tiempo, interfiere en la relación que se puede tener con las demás personas (Villwock & Grin, 2022). Sin embargo, es irrelevante solo entender a la persona sorda como una persona que tiene algún tipo de lesión auditiva, esto lo demuestra Quant Lorna (2021) en uno de sus estudios involucró 144 participantes oyentes y 34 participantes que se identificaron como sordos, los cuales debían ver una serie de estímulos que contenían grabaciones de un hombre que realizaba 6 diferentes acciones a través de 18 pantallas de luz puntual (PLD) y 18 pantallas de control de movimiento, además, usó un instrumento como lo es la electroencefalografía, calculando la respuesta del tiempo, dentro de las ondas theta, alfa y beta, luego a estas personas se les envió una encuesta que calificaba qué tan fácil les resultó identificar las acciones. De esta manera, descubrieron que las personas sordas con dominio en la lengua de signos estadounidense informaban que necesitaban un menor esfuerzo para identificar las PDL de movimiento biológico en todos los estímulos, además, en la electroencefalografía mostró diferenciación en las ondas theta, μ y beta. El autor

concluye que las personas sordas con manejo de lengua de signos estadounidense muestran mayor neuroplasticidad dependiente en la percepción biológica del movimiento humano, encontrando una mejora en la percepción del movimiento en personas nativas sordas.

No obstante, Santos (2022) realiza un estudio con niños sordos para explicar por qué al no estar expuestos a un lenguaje de señas a una temprana edad se quedan atrás en matemáticas comparado con sus pares oyentes, encontrando un acceso limitado en niños sordos en los primeros meses de vida prolongándola en la adultez, mencionando el impacto que tiene en las funciones ejecutivas como la memoria. De otra manera, también McFayden et al. (2023) al aplicar diferentes tareas en 33 personas sordas adultas y 32 personas oyentes no signantes, tales como; búsqueda de símbolos, recuperación de letras en serie, complementación de imagen serial visoespacial, tanteo en intervalo de letras, concluye que las personas sordas signantes muestran periodos de memoria más cortos que las personas oyentes no signantes, denotando la correlación que puede haber entre el lenguaje y las funciones ejecutivas, al igual que Merchan et al. (2022) quienes hicieron un estudio de la inhibición, específicamente en la supresión de interferencias y la capacidad lingüística en niños sordos y niños oyentes, encontrando que los niños sordos obtenían menores puntuaciones en diferentes tareas aplicadas a las de sus contrapartes lo niños oyentes, puntualizando como la supresión de interferencias podría estar directamente relacionada con el desarrollo lingüístico de los niños dando diferentes interrogantes al acceso del lenguaje en los niños sordos con o sin implante coclear.

Eventualmente, se abre una gran interrogante en la relación que hay entre el lenguaje y las funciones ejecutivas en las personas sordas. De esta manera, ¿podría haber

una causalidad entre el uso de la lengua de señas al lenguaje y las funciones ejecutivas de las personas sordas?

Metodología

La monografía se puede definir como un documento en el cual se recopilan los resultados de algunas investigaciones y sintetiza e integra la información documentada (Corona, 2015). Por lo tanto, para la elaboración de la monografía, se utiliza la sistematización de la información, con el fin de filtrar y categorizar la búsqueda de la literatura, y tener un mayor análisis del contenido en el tema de investigación (Sánchez y Botella, 2010).

De esta manera, la búsqueda de contenido en la monografía se realizó el 23 de septiembre de 2024 y el 2 de octubre del 2024, teniendo en cuenta los lineamientos de análisis en la recolección en la literatura documentada propuestos en la declaración (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Pagea et al., 2021).

Estrategia de búsqueda y selección de estudios

Criterios de inclusión y exclusión. A continuación, se describen los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta para esta revisión: 1) Artículos escritos en inglés y español, 2) publicados en los últimos 5 años (2018-2024), 3) Estudios realizados en humanos debido a que también se han hecho estudios en animales, especialmente en gatos blancos con sordera congénita, (Kral y Lomber, 2015). 4) Contenido hecho desde una perspectiva neuropsicológica, que dentro sus elementos se puedan encontrar alguno de estos aspectos a) Técnicas que permitan la medición de señales como la

electroencefalografía, magnetoencefalografía, etc. b) Baterías, pruebas o tareas estandarizadas que evalúen las propiedades del lenguaje o las funciones ejecutivas, 5) Estudios realizados en cualquier etapa del ciclo vital, debido al difícil acceso que se puede tener de la comunidad sorda, 6) Estudios que como mínimo tengan dentro del documento dos variables de las palabras clave, lenguaje, personas sordas, neurociencia, lengua de signos, funciones ejecutivas.

Por otro lado, se excluyen textos que; 1) No tengan en cuenta principalmente a las personas sordas o la lengua de signos, 2) Información poco relevante para el evaluador, 3) Estudios en animales, 4) Estudios de caso, conferencias, 5) Estudios que implementen instrumentos con poca validez científica, 6) Personas sordas /oyentes, que presenten algún tipo de psicopatología. Para la elaboración de los resultados tomando en cuenta los criterios de inclusión y el análisis categorial se puede encontrar con más detalle en las tablas (1) y (2).

A partir de ello, se creó una ecuación de búsqueda tomando en cuenta las siguientes palabras en español y/o inglés, Neurociencia o Neuroscience, Lengua de signos o Sign language, Sordo o Deaf people o Hearing impaired, Funciones ejecutivas o Executive functions. En ese sentido, se llevó a cabo la revisión de documentos empíricos y documentos bibliográficos en fuentes: Artículos científicos, libros, tesis, los cuales se encontraron en bases de datos como Google Scholar, y Proquest Psychology Database.

Posteriormente, se utilizaron truncadores, como paréntesis y comillas, más operadores booleanos tales como OR/AND que dieron forma a la ecuación para evitar el ruido y también el silencio de la información recolectada en este documento, por lo tanto, la

ecuación de búsqueda se establecería de esta forma ((Neurociencia OR Neuroscience) AND (“Lengua de signos” OR “Sign language”) AND (“Sordo” OR Deaf OR “Hearing impaired”) AND (“Funciones ejecutivas” OR “Executive functions”)).

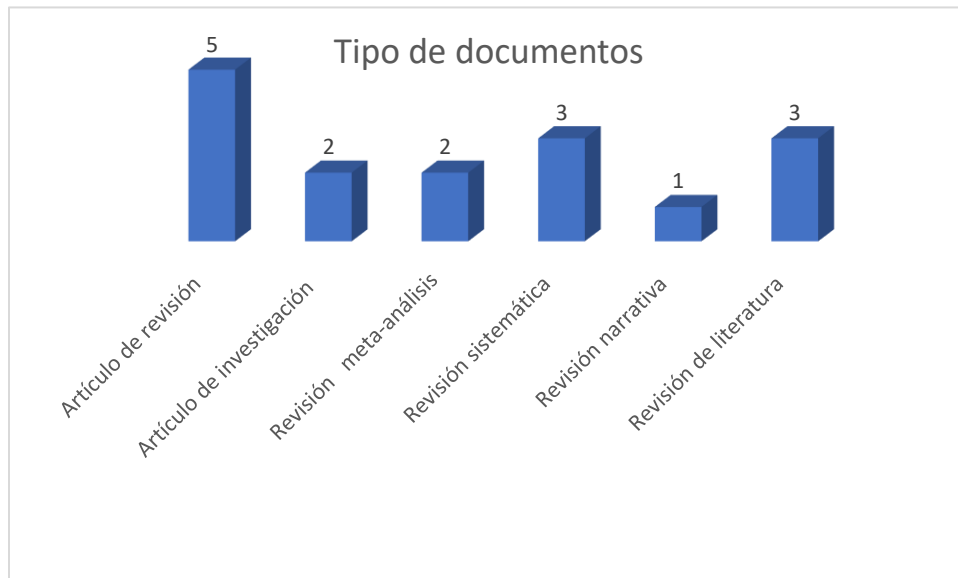
La primera revisión fue analizada por un Juez DM y la segunda por el evaluador YA, se tuvo en cuenta los filtros de las bases de datos, el título del artículo, el resumen y el documento completo para determinar si estudiaban las variables requeridas, para ser incluidas en los resultados de este documento.

Resultados

Con base en la ecuación de búsqueda, en las dos bases de datos Google Scholar, y Proquest Psychology Database. Se hallaron un total de $n=1,443$ y fueron descartados según la metodología PRISMA, quedando un total de $n=16$ documentos, de los cuales (Figura 1) 3 son artículos de la literatura, 4 revisiones sistemáticas, 5 artículos de revisión, 1 artículo narrativo. Adicionalmente, se observó una mayor recurrencia en la publicación de artículos durante el año 2022, mientras que entre los años 2018 y 2024 se presentó una menor frecuencia de publicaciones (Figura 2). Por otro lado, en los artículos encontrados solo hubo un escrito en español y los demás en inglés. Los países que incentivaron su investigación en estas variables, la mayoría están centrados en Europa: Reino Unido ($N=2$), Bélgica ($N=1$), Suecia ($N=2$), Finlandia ($N=1$), Polonia ($N=1$), en Oceanía se encontró: Australia ($N=1$), en América del Norte: Canadá ($N=1$), y Estados Unidos ($N=2$), en América Latina: se encontraron Brasil ($N=1$) y Chile ($N=1$), Por último, 4 artículos no se rastreó el país (Figura 3).

Figura 1

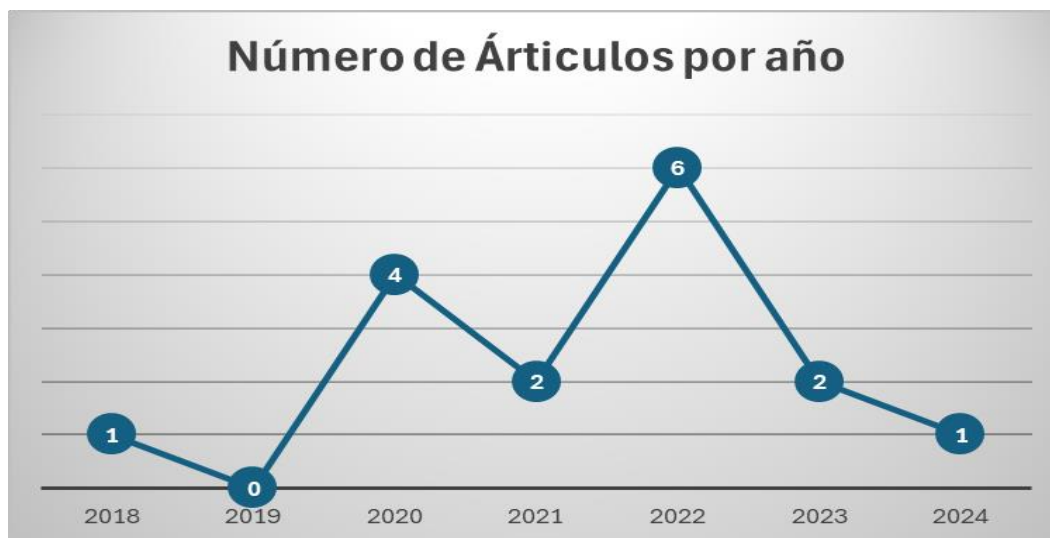
Número de documentos de investigación utilizados en los resultados.



Nota. El grafico presentada muestra que en este documento se utilizaron en mayor medida artículos de revisión, y en menor medida artículos de revisión narrativa. Elaboración propia.

Figura 2

Número de artículos presentados según el año.



Nota. El grafico representa el número de artículos presentados entre el año 2018 hasta el 2024. En el pico más alto de artículos presentados se encuentra en el año 2022. Elaboración propia.

Figura 3

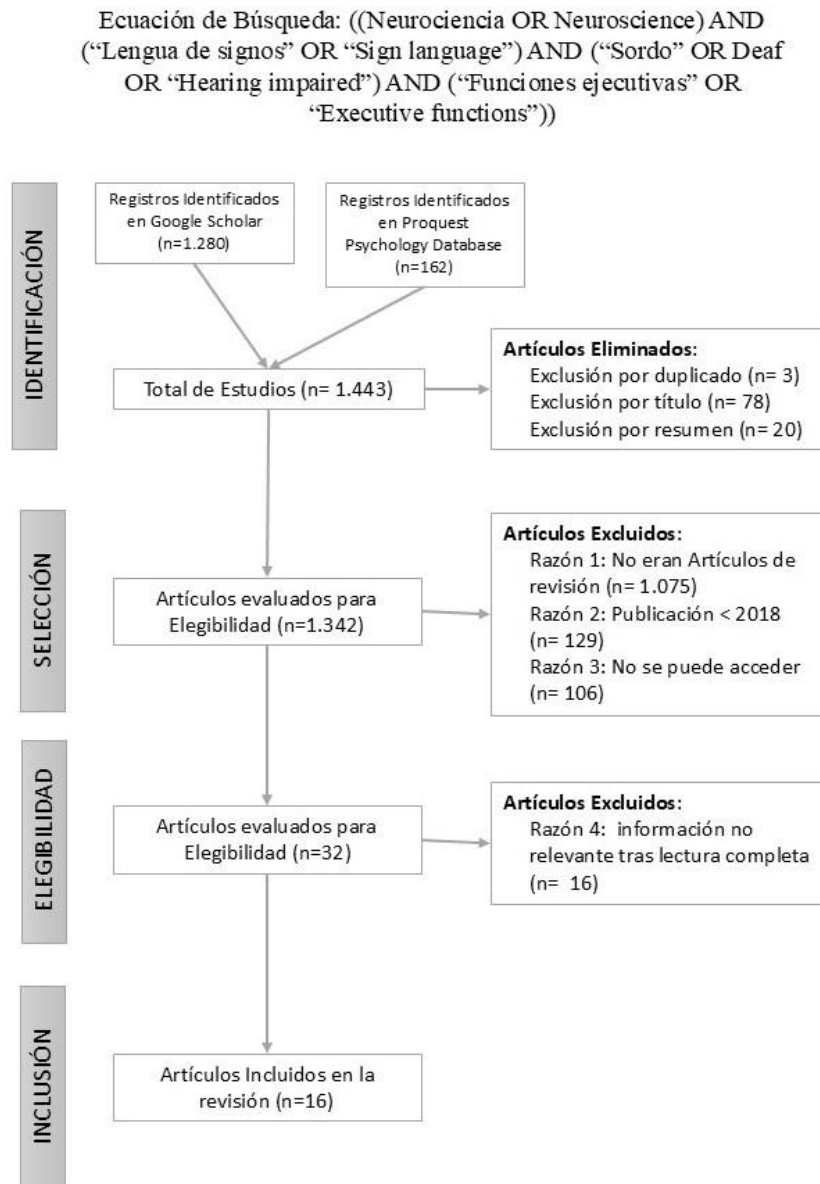
Número de artículos presentados por país.



Nota. El gráfico representa el número de artículos que se ha presentado en cada país con incidencia de 1 a 2 artículos. La prevalencia de mayor publicación se ubica entre América del Norte y Europa. En 4 de los artículos encontrados no se rastreó la procedencia del país que lo publicó. Elaboración propia.

Figura 4

Flujograma de artículos seleccionados según los criterios PRISMA.



Nota. Elaboración propia

Tabla 1.*Criterios de inclusión.*

Título del artículo	Idioma: inglés/ español	Fecha 2018-2024	Neurociencia	Lenguaje	Funciones Ejecutivas	Lengua de Signos	Personas sordas
The interplay between early social interaction, language and executive function development in deaf and hearing infants	X	2021	No	X	X	X	X
The interaction between language and working memory: a systematic review of fMRI studies in the past two decades	X	2023	X	X	X	No	No
The Impact of Early Deafness on Brain Plasticity: A Systematic Review of the White and Gray Matter Changes	X	2020	X	X	X	X	X
Crossmodal reorganisation in deafness: Mechanisms for functional preservation and functional change	X	2020	X	X	X	X	X
Brain Morphological Modifications in Congenital and Acquired Auditory Deprivation: A Systematic Review and Coordinate-Based Meta-Analysis	X	2022	X	X	X	X	X

Linguistic network in early deaf individuals: A neuroimaging meta-analysis	X	2024	X	X	X	X	X
Regulation and Control: What Bimodal Bilingualism Reveals about Learning and Juggling Two Languages	X	2022	X	X	X	X	No enfatiza
The cognitive hearing science perspective on perceiving, understanding, and remembering language: The ELU model	X	2022	X	X	X	X	X
Are critical periods reversible in the adult brain? Insights on cortical specializations based on sensory deprivation studies	X	2020	X	X	X	X	X
Sign and Spoken Language Processing Differences in the Brain: A Brief Review of Recent Research	X	2022	X	X	X	X	X
The Contribution of Event-Related Potentials to the Understanding of Sign Language Processing and Production in the Brain: Experimental Evidence and Future Directions	X	2022	X	X	X	X	X
Neurocognitive function in children with cochlear	X	2023	No	X	X	X	X

implants and hearing aids: a systematic review							
Executive Function in Deaf Children: Auditory Access and Language Access	X	2018	X	X	X	X	X
Cognition Assessment Technologies on Deaf People	X	2022	X	X	X	X	X
Cognición y Aprendizaje en Niños Sordos: Una Revisión Narrativa	X	2021	X	X	X	X	X
Early deafness leads to re-shaping of functional connectivity beyond the auditory cortex	X	2020	X	X	X	X	X

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 2

Análisis Categorical de los artículos seleccionados.

Autores	País/Ciudad	Objetivo	Participantes	Instrumentos	Resultados	Categoría
Morgan, G., Curtin, M., Botting, N.	Reino Unido	El enfoque de este artículo de revisión está en la interacción entre tres áreas del desarrollo cognitivo: interacción social temprana, lenguaje y funciones ejecutivas (FE) en bebés con un desarrollo típico y en bebés que nacen sordos.	Bebés con desarrollo típico y bebés sordos congénitos.	No hay evidencia de algún instrumento que mida los constructos del lenguaje y las funciones ejecutivas en bebés sordos u oyentes en este documento.	Se encontraron respuestas positivas en bebés sordos y oyentes en el lenguaje y funciones ejecutivas cuando los bebés tienen mayor interacción social con sus padres o cuidadores, esto ha vinculado que una buena interacción por ejemplo con los símbolos proporcione una mayor respuesta cognitiva y conductual.	Lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Deldar, Z., Gevers, C., Khatibi, A., Ghazi, L.	No se halló procedencia del artículo	Esta revisión resume la evidencia de la interacción entre la MT y el lenguaje obtenido mediante imágenes por resonancia magnética funcional (fMRI) en las últimas dos décadas.	Personas oyentes adolescentes y adultos sin ningún tipo de alteración física o mental	La búsqueda se limitó a PubMed, Google Scholar, Science direct y Neurosynth para palabras clave de memoria de trabajo, lenguaje, fMRI, neuroimagen, cognición, atención, red y conectoma.	Esta revisión de literatura se centra en estudios con fMRI sobre los mecanismos neuronales que relacionan la memoria de trabajo y el lenguaje. Aunque fMRI tiene limitaciones, permite observar redes cerebrales claves involucradas en estos procesos. Se sugiere que estudios futuros utilicen análisis metaanalíticos y mejores diseños experimentales para profundizar en los circuitos específicos. Además, dado que la atención modula tanto el lenguaje como la memoria de trabajo, sería valioso investigar su papel.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas.
Simon, M., Campbell, E., Genest, F MacLean, M., Champoux, F., Lepore, F.	Canadá	El objetivo de la presente revisión sistemática fue identificar las características clave de la plasticidad estructural en individuos sordos mediante el examen de los cambios cerebrales en la materia gris y blanca.	El estudio incluyó 626 personas con sordera bilateral moderada a profunda, entre ellos 254 niños y adolescentes. La mayoría de los estudios analizados se enfocaron en individuos con sordera congénita o prelingual, y en aquellos con sordera	En los diferentes estudios se utilizaron técnicas como la resonancia magnética (RM), morfometría basada en vóxeles (VBM), el espesor cortical (CT), la morfometría basada en tensor (TBM), la MRI de difusión, la imagen por tensor de difusión (DTI), anisotropía fraccional (FA),	Los resultados indican que la sordera temprana reduce la plasticidad sináptica en la corteza auditiva. Los niños sordos tienen un período crítico de neuroplasticidad hasta los tres años, relevante para el éxito de los implantes cocleares. Las personas sordas presentan cambios en la sustancia blanca, como menor volumen y densidad en el giro temporal superior y mayor difusividad radial. También se observa una disminución en las fibras hacia la corteza auditiva primaria, relacionada	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.

Cardin, V., Grin, K., Vinogradova, V., Manini, B.,	Reino Unido	El objetivo de esta revisión es encontrar una reorganización intermodal en la sordera: mecanismos de preservación y cambio funcionales en estudios hechos en personas sordas y modelos animales.	En este estudio se tomó en cuenta la población sorda nativa usuaria de la lengua de signos y personas oyentes como grupos de control.	En este artículo se tomaron en cuenta técnicas de neuroimagen y se analizaron; región de interés o del cerebro completo, morfometría manual o basada en vóxeles, información técnica relacionada con la resonancia magnética y la adquisición de imágenes por ejemplo (intensidad del campo magnético, secuencias de pulsos y resolución de la imagen), y resultados significativos, si era posible corregidos para comparaciones múltiples.	imágenes de curtosis de difusión (DKI).	con el procesamiento del habla. Finalmente, hay un aumento de materia gris en la corteza visual primaria, asociado al uso de lengua de señas.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
					profunda o severa. Diez estudios consideraron a signantes nativos, mientras que algunos incluyeron individuos que aprendieron lengua de señas más tarde o sin especificar cuándo. Además, seis estudios no información sobre el medio de comunicación, pero cuatro de estos incluían candidatos a implante coclear.		

Grégoire, A., Deggouj, N., Dricot, L., Decat, M., Kupers, R.	Bélgica	El objetivo de esta revisión sistemática y metaanálisis basado en coordenadas es resumir el conocimiento actual sobre los cambios en la materia gris y blanca revelados por resonancia magnética estructural en sujetos con pérdida auditiva de severa a profunda.	En total, se incluyeron 427 personas sordas y 539 controles con audición normal. De estos, 110 eran niños sordos, 184 niños con audición normal, 317 adultos sordos y 355 adultos con audición normal.	Se llevo a cabo un metaanálisis ALE, luego, se hizo una prueba de la solidez del metaanálisis y comparación con el procesamiento del lenguaje en personas oyentes. También se hizo un metaanálisis de SDM y a partir de ello, se elaboró un análisis de lateralización.	En este meta-análisis se encontró: 1) una disminución volumétrica de la sustancia blanca en la corteza auditiva; (2) una disminución volumétrica de sustancia gris y sustancia blanca en la corteza visual, particularmente en bebés y niños; y (3) un aumento de la sustancia gris en el cerebelo derecho. El grosor y la curvatura corticales se han estudiado escasamente en comparación con el volumen de la sustancia gris y la sustancia blanca, lo que dificulta sacar conclusiones firmes con respecto a estas medidas.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Yang, T., Xinmiao, A., Hou,Jian, B., Wang, Chen, X.	No se halló procedencia del artículo	el objetivo principal de este metaanálisis era la identificación de una red integral de procesamiento del lenguaje en personas con sordera temprana, que abarcara tanto regiones específicas del lenguaje de nivel superior como regiones específicas de la modalidad.	La población de este estudio, son las personas sordas que han adquirido el lenguaje tempranamente, se desconoce el grado de la sordera o el uso de audífonos.	Se llevo a cabo un metaanálisis ALE, luego, se hizo una prueba de la solidez del metaanálisis y comparación con el procesamiento del lenguaje en personas oyentes. También se hizo un metaanálisis de SDM y a partir de ello, se elaboró un análisis de lateralización.	Este metaanálisis encontró una red cerebral relacionada con el lenguaje en personas con sordera temprana, que incluye áreas frontotemporales, el giro occipitotemporal bilateral, el área motora suplementaria y el giro fusiforme izquierdo. También se observaron activaciones específicas en el giro calcarino izquierdo y el caudado derecho. La plasticidad intermodal y la edad de adquisición del lenguaje modifican esta zona con mayor activación en las regiones frontotemporales izquierdas en aquellos con experiencia temprana en lengua de señas. Los hallazgos sugieren que las áreas del lenguaje en el hemisferio izquierdo funcionan independientemente de la modalidad y que las experiencias sensoriales y lingüísticas influyen en las bases neuronales del lenguaje.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Therese, A., Frederiksen, J., Krol, F.	Estados Unidos	En este artículo, se examina la forma en que los bilingües usan idiomas marcadamente diferentes, uno hablado y el otro, en lenguaje de señas, y examina la regulación en el	En esta revisión se tomó en cuenta la población oyente bilingüe, unimodal y bimodal.	Se utilizaron baterías como la tarea de Rendimiento Continuo AX (AX-CPT) y la prueba de Stroop, Además, se usaron	El aprendizaje de la lengua de señas o de un nuevo idioma, puede generar efectos positivos en las personas oyentes. Además, el bilingüismo ofrece una lente a través de la cual investigar la plasticidad en las interacciones entre el	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos,

		uso de sus dos idiomas para permitir un uso hábil del lenguaje.		técnicas de neuroimagen y magnetoencefalografía.	lenguaje y la cognición que puede quedar oculta en los monolingües.	no enfatiza a la población sorda
Rönnberg, J., Signoret, C., Andin, J., Holmer, E.	Suecia	Ofrece una descripción introductoria del desarrollo sucesivo de patrones de datos basados en comparaciones entre las habilidades de comprensión del habla de participantes con discapacidad auditiva y con audición normal, lo que posteriormente motivó la formulación del modelo de facilidad de comprensión del lenguaje ELU.	La población de estudio en esta revisión, son las personas con discapacidad auditiva, personas de control oyentes, entre las que se encuentran niños y adultos.	Se hace mención en la revisión de técnicas como la encefalografía, también uso de tareas y pruebas, como las tareas GATING, prueba de memoria de trabajo SPAN, prueba HAYLING.	En este estudio se halló como los niveles paralelos de negatividad desajuste, hacen que el sistema sea eficaz y rápido en la deconstrucción y la reconstrucción, la predicción y la postdicción, se introdujo un principio de uso -desuso y se combinó con una explicación de memoria multimodal por qué la pérdida auditiva afecta la memoria de trabajo a largo plazo y corto plazo, en orden de impacto negativo decreciente. La competencia lingüística y el bilingüismo son otros factores que se analizan en el contexto de ELU. Las condiciones límite se discuten en un contexto de lenguaje de señas en términos de funciones cerebrales preservadas que se aplican a otra modalidad de lenguaje; o en términos de un cambio funcional, donde se supone que el uso del lenguaje de señas por parte de los participantes sordos cambia la organización cerebral.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Heimler, B & Amedib, A.	No se halló procedencia del artículo	Este artículo analiza los elementos teóricos y prácticos que puedan dar respuesta a las perspectivas sobre las especializaciones corticales basadas en estudios de privación sensorial, al igual, busca comparar la teoría clásica y estudios recientes sobre la relevancia que pueden tener o no tener los períodos críticos en el cerebro de una persona adulta.	En este artículo se analizan estudios con poblaciones adultas con algún tipo de deficiencia visual o auditiva y también de personas que están en recuperación	Algunos de los instrumentos utilizados en esta fueron; Imágenes por resonancia magnética funcional, (fMRI)	Se ha encontrado que las personas con privaciones sensoriales en este caso ciegas y sordas, pueden tener una reorganización en la plasticidad cerebral en su adultez después de haber pasado los periodos críticos /sensibles del desarrollo, mediante entrenamientos orientados con dispositivos de sustitución sensorial, en el que se ha encontrado activación en las especializaciones de orden superior visuales y auditivas.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Caldwell, H.	Australia	Esta revisión tiene como objetivo descartar las diferencias de procesamiento	Entre la población de estudio se encuentra la población sorda,	Se utilizaron técnicas de electroencefalografía	El estudio del lenguaje como en las violaciones sintácticas, la semántica y el léxico, ha demostrado tener señales	Neurociencias, lenguaje, funciones

		descubiertas hasta el momento, es decir en el año 2022, entre las modalidades del lenguaje, discutir las diferencias e incentivar la investigación en estas diferencias dentro del campo del lenguaje.	personas oyentes, y personas oyentes bilingües	relacionados con el procesamiento del lenguaje como los potenciales relacionados con eventos o sus siglas en inglés (ERP), específicamente en negatividad anterior izquierda con sus siglas en inglés (LAN) N400 y P600.	menores en personas sordas demostrando que el procesamiento de este puede ser diferente al de las personas sordas, futuras investigaciones podrían tener en cuenta a las personas bilingües bimodales y unimodales en el procesamiento del lenguaje	ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Hernández, D., Puupponen, A., Jantunen, T.	Finlandia	Esta revisión busca resumir un grupo de ERPs útiles para la investigación orientada a las lenguas de signos (SLs) así como proporcionar algunos ejemplos de estudios que se han llevado a cabo utilizando esta técnica de neuroimagen.	La población de estudio son las personas sordas, pero se mencionan a las personas oyentes como sujetos control.	Electroencefalografía (EEG) y la magnetoencefalografía (MEG). También técnicas para evaluar componentes del lenguaje como negatividad de desajuste (MMN) o (vMMN), Relacionados con el lenguaje como la Negatividad anterior izquierda temprana (LAN), P300, P600 y N400.	Los potenciales relacionados con eventos (ERP) son correlatos objetivos no invasivos de la actividad cerebral vinculada a los procesos cognitivos. Proporcionan información básica sobre la actividad de la corteza cerebral con un seguimiento temporal exacto del procesamiento cerebral y pueden aplicarse con éxito al estudio del procesamiento del lenguaje y, específicamente, a los estudios de SL. De esta forma se ha demostrado los alcances que tiene entre ellos es que, al evaluar el movimiento, las personas deben moverse, pero a una velocidad lenta, no obstante, Esta técnica presenta un gran alcance para entender las producciones y estructura lingüísticas en las personas sordas y oyentes.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Lima, J., Caroline Morais, F., Zamberlan, N., Mandrá, P., Mirândola, A., Rei, B.	Brasil	Revisar sistemáticamente la literatura existente que examina la relación entre la cognición, la audición y el lenguaje en niños que utilizan implantes cocleares y audífonos.	Las personas evaluadas fueron personas con implante coclear, había variabilidad en la cronología en el implemento del dispositivo, la mayoría fueron varones, la pérdida	Se utilizaron 46 pruebas y subpruebas para evaluar distintos dominios cognitivos, como la memoria a corto plazo (auditiva y visual), memoria de trabajo (auditiva, visual y visoespacial), cognición no verbal, razonamiento,	Entre los resultados se halló que las personas con IC tenían menores puntuaciones en tareas que evaluaban las funciones cognitivas y del lenguaje en comparación con las personas sin IC, no obstante, los resultados pueden variar de acuerdo con las herramientas utilizadas, y las características de la población con IC.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.

			auditiva variaba entre leve a profunda	atención, funciones ejecutivas, lenguaje, funciones perceptivas-motoras, capacidad visoconstructiva, velocidad de procesamiento y procesamiento/memoria fonológica. La prueba más utilizada fue la Escala de Inteligencia de Wechsler para niños (WISC) (47,6%), seguida de NEPSY (28,6%) y Leiter-R (19%).		
Matthew L. Hall, Eigsti, M., Bortfeld, H., Lillo, D.	Estados Unidos	Este estudio se diseñó para distinguir entre el acceso auditivo y el acceso al lenguaje de las dificultades de las FE en niños sordos durante sus años de escuela primaria (de 5 a 12 años).	Se recolectaron datos entre grupos que involucra a 116 niños, de 5 a 12 años, en 3 grupos: (a) participantes con audición normal (n = 45), (b) sordos nativos que utilizan el lenguaje de señas que tuvieron acceso al lenguaje de señas americano desde el nacimiento (n = 45), y (c) usuarios de implantes cocleares orales que no tenían acceso completo al lenguaje antes del implante coclear (n = 26).	Se utilizó un informe para padres BRIEF, las medidas para las funciones ejecutivas fueron basadas en el rendimiento fueron la subprueba Tower de la batería NEPSY, la subprueba de Atención sostenida de la Escala internacional de rendimiento Leiter revisada (LIPS-R) y la tarea Go/No-Go adaptada.	Los resultados sugieren que las personas sordas no alteran significativamente la función ejecutiva, por lo tanto, algún otro factor tal vez el acceso temprano al lenguaje tiene un impacto más fuerte.	Lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Arenas, C., y Osornio, F.	No se halló procedencia del artículo	Esta revisión es un intento de vincular el uso de dispositivos tecnológicos para evaluar estas funciones y brindar un	Las personas que se utilizaron para esta revisión fueron personas con	La revisión identificó diversos instrumentos de evaluación, como baterías	Los resultados demuestran, que las personas sordas pueden tener mayor dificultad en la consolidación de la memoria de trabajo, pero pueden tener	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas,

		escenario prospectivo para futuros desarrollos y aplicaciones.	privación auditiva y personas oyentes, además la mayoría de los estudios tomo en cuenta en su mayoría la población infantil sin implante coclear.	neuropsicológicas, biometría ocular, interfaces digitales y gamificación. Entre ellos se destaca la batería AWARD, que evalúa áreas cognitivas mediante tareas en una aplicación web; el eye-tracker, que registra movimientos oculares y ubicación de la mirada; interfaces diseñadas por Dye y Hauser (2009); y juegos creados mediante la metodología MECONESIS, enfocada en diseñar juegos serios para niños con discapacidad auditiva	cierta ventaja en atención periférica, en especial, en personas sordas que ya han adquirido la lengua de señas a una edad temprana	lengua de signos, personas sordas.
Torres, F., Parraguez, A., Salamanca, M.	Chile	El objetivo de esta revisión es proporcionar información de los procesos cognitivos de los sordos, en la adquisición del lenguaje por lengua de signos, las funciones ejecutivas, la plasticidad cerebral para la consolidación esperada de un aprendizaje esperado en esta población.	Este estudio toma en cuenta la población de niños sordos y sus pares oyentes, también toca en cuenta la población de preadolescentes sordos.	No especifica las herramientas utilizadas para la medición de la plasticidad, las funciones ejecutivas o el lenguaje, no obstante, es una revisión narrativa que incentiva al lector a explorar en los artículos de investigación mencionados.	El artículo destaca cómo el procesamiento viso-gestual puede ser una fortaleza protectora en el aprendizaje de niños sordos. Además, sugiere que habilidades como la lectura, la escritura y el reconocimiento visual de números pueden mejorar el desarrollo cognitivo, proponiendo enfoques especializados para optimizar el aprendizaje.	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas, lengua de signos, personas sordas.
Bonna, K., Finc, K., Zimmermann, M., Bola, L., Mostows	Polonia	El objetivo del presente estudio fue examinar las diferencias entre las redes funcionales de todo el cerebro de adultos	En este estudio participaron 25 sujetos con sordera temprana, y 29 sujetos con audición,	Algunos de los instrumentos utilizados en esta fueron; Imágenes por resonancia magnética	En los resultados sugieren que la plasticidad cerebral compensatoria en la pérdida sensorial es una combinación de cambios en las áreas cerebrales privadas sensorialmente y cambios en las áreas	Neurociencias, lenguaje, funciones ejecutivas,

ki, P., Szul,
M., Rutkows
ki,
P., Włodziska
w
Duch, Artur
Marchewka,
Katarzyna
Jednoróg, Ma
rcin Szwed

sordos y oyentes en edad
temprana.

así mismo, esta
población no difirió
en edad sexo u años
de educación, la
etiología de las
personas sordas
seleccionadas fueron
genética, o por
enfermedad genética
u efectos secundarios
de un medicamento.
La pérdida auditiva
media fue de 100,2
decibeles rango (70-
120 dB) además
todos los usuarios
sordos eran usuarios
de la lengua de señas
polaca.

funcional, (fMRI) con
un enfoque borde a
borde.

cerebrales no privadas. También el
análisis borde a borde mostró una
conectividad funcional reducida entre
las áreas auditivas y somatomotoras en
los sordos en comparación con el grupo
de control, también reveló mayor
acoplamiento con entre la red
frontoparietal y áreas visuales en
personas sordas.

lengua de signos,
personas sordas.

Nota. Descripción de la información relevante teniendo en cuenta las categorías de análisis determinadas para cada artículo incluido.
Elaboración propia.

Categorías de análisis

Neurociencias

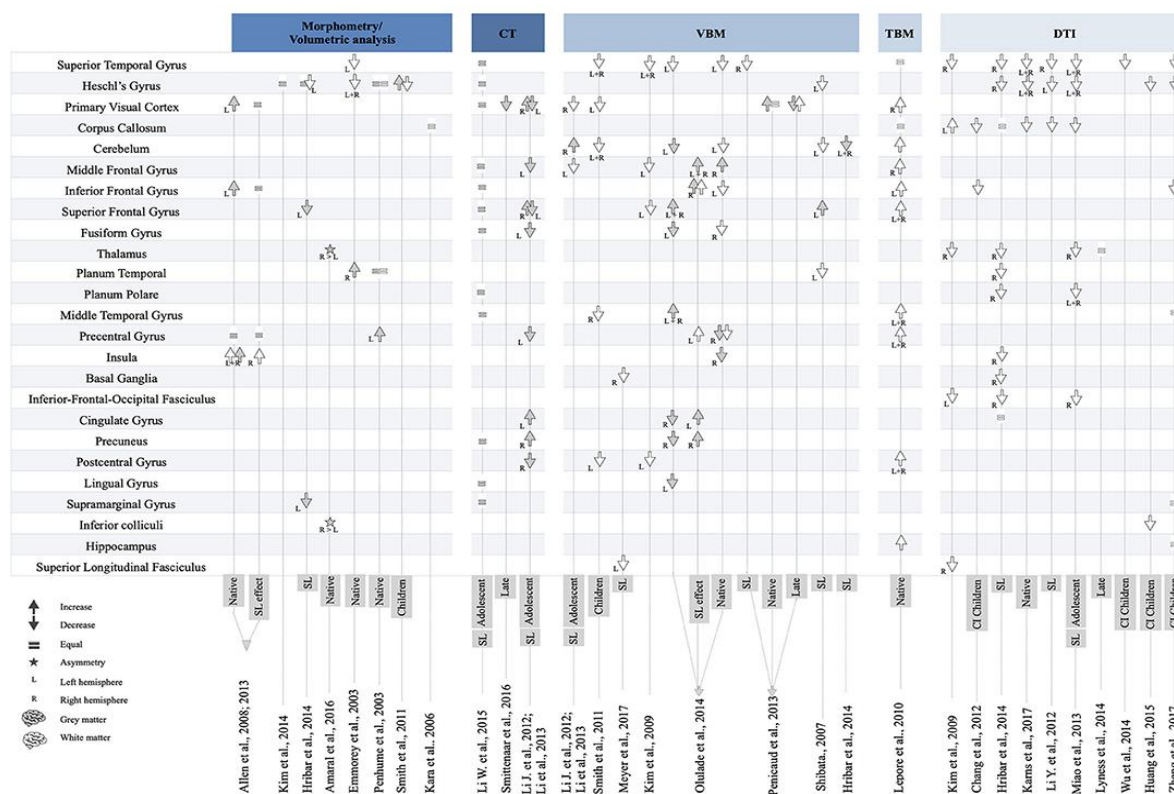
De acuerdo con las diferentes revisiones encontradas en 6 artículos de sistematizaciones, metaanálisis, artículos de revisión, artículos narrativos, que involucraban diferentes técnicas de medición en señales como: resonancia magnética (MRI), MRI con enfoque borde a borde, neuroimagen multivariada, morfometría basada en voxel (VBM), imagen por tensor de difusión (DTI) y otros métodos de análisis morfométrico y volumétrico, además de análisis a nivel de todo el cerebro (whole-brain analysis) en lugar de análisis de regiones de interés (ROI), coordenadas de activación en espacios de Talairach o del Instituto Neurológico de Montreal (MNI); se identificó la neuroplasticidad como un fenómeno clave en la adaptación del cerebro de personas sordas, además, cómo las áreas auditivas se reorganizan para procesar información por otros canales sensoriales como la visual y táctil, reflejando la capacidad del cerebro para cambiar en respuesta a la falta de estimulación auditiva en diferentes etapas del ciclo vital (Bonna eta al., 2020; Cardi et al., 2020; Gregoire et., al 2022; Heimler & Amedi, 2020; Simon et al., 2020).

Además, Simon et al. (2020) describieron cambios en la estructura y funciones del cerebro en niños con sordera, tales como la corteza auditiva primaria y secundaria importante para el procesamiento auditivo y áreas para el procesamiento del lenguaje. Igualmente, se ubicó con mayor frecuencia que las personas sordas tenían modificaciones en el giro temporal superior, involucrado principalmente en el procesamiento auditivo (Figura 5). Estos cambios se mostraron principalmente en reducción del volumen y

densidad de la sustancia blanca (SB) a través la anisotropía fraccional (FA). Por otro lado, se encontró reducción del volumen y densidad de las fibras que conectan con la corteza auditiva primaria, como el giro de Heschl al estar relacionado con los procesos del sonido y del habla en ambos hemisferios.

Figura 5

Resumen de los cambios cerebrales en 27 estudios sobre personas sordas.



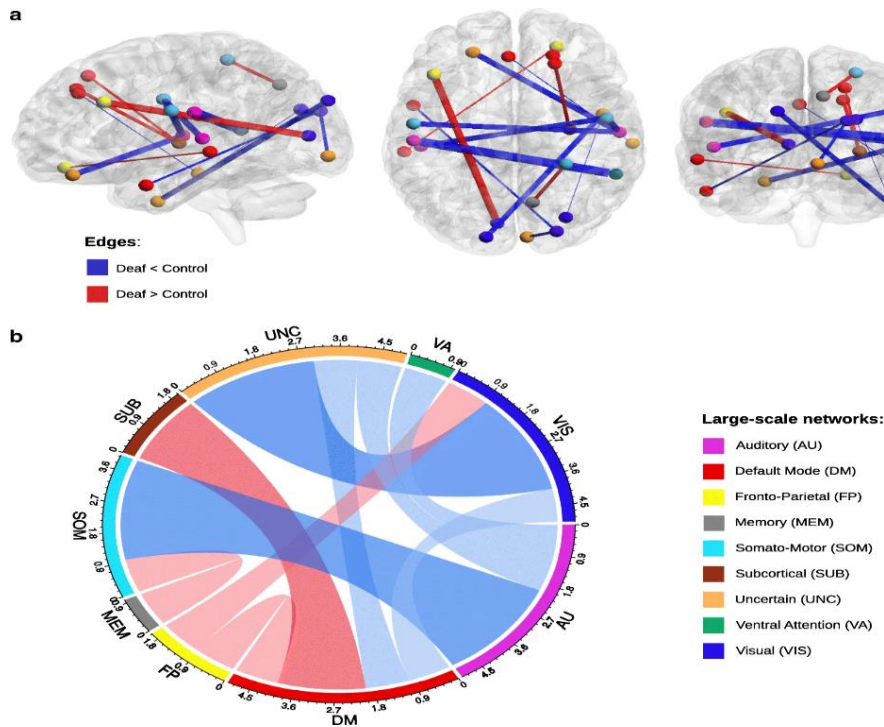
Nota. La figura representa la categorización de datos según la técnica de neuroimagen y la región cerebral. Las flechas indican el aumento y disminución de la sustancia blanca y sustancia gris en diferentes zonas del cerebro. Se visualiza, con mayor frecuencia en la figura una disminución de la sustancia blanca entre superior temporal gyrus (giro temporal superior) y Heschl'gyrus (giro de Heschl). De "The Impact of Early Deafness on Brain Plasticity: A Systematic Review of the White and Gray Matter

Changes,” Simon, M., Campbell, E., Genest, F., MacLean, M. W., Champoux, F., & Lepore, F. 2020, *Frontiers in neuroscience*, 14, 206. (<https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00206>).

Igualmente, Bonna et al. (2020) refieren crear una única red que represente el promedio de fortalezas en la conexión entre los participantes denominada [large-scale network] o red a gran escala en las diferencias de conectividad funcional entre adultos sordos y control (personas oyentes). Existen conexiones más débiles en el grupo de personas oyentes en relación con las personas sordas, principalmente en las redes auditivas, somatomotoras, visuales y regiones no asignadas a ninguna red a gran escala. No obstante, se encontraron conexiones más fuertes en las personas sordas entre las regiones más allá de la red auditivas, la red neuronal por defecto y la red subcortical (Figura 6). También se encontraron mayores conexiones entre la red frontoparietal y la red neuronal por defecto, entre la red frontoparietal y las redes visuales, red de memoria y red somatomotora.

Figura 6

Diferencias de conectividad funcional en los bordes entre adultos.



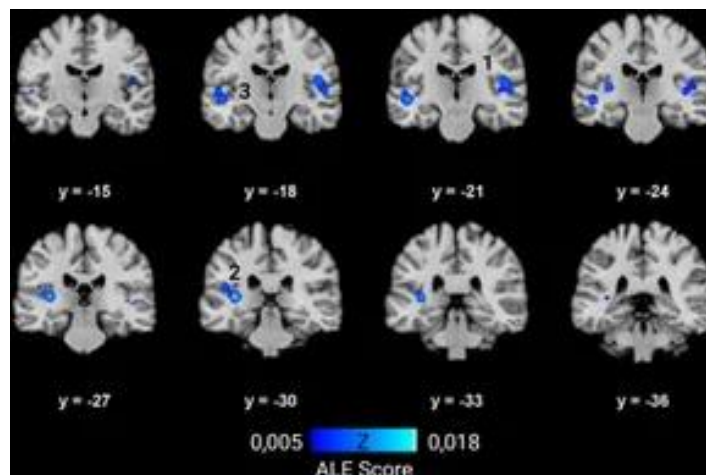
Nota. La figura representa las diferencias en las redes funcionales entre la imagen (a) y (b). La primera en el espacio cerebral y la segunda, como un diagrama de cuerdas, en (a) las conexiones más fuertes están de color rojo y las azules más débiles en adultos sordos. En (b) las bandas rojas representan aristas con mayor conectividad funcional en las personas sordas en comparación con el grupo control, diferente de las bandas azules que representa lo opuesto. De “Early deafness leads to re-shaping of functional connectivity beyond the auditory cortex”, por Bonna, K., Finc, K., Zimmermann, M., Bola, L., Mostowski, P., Szul, M., Rutkowski, P., Duch, W., Marchewka, A., Jednoróg, K., & Szwed, M. 2021, *Brain Imaging and Behavior*, 15(3). (<https://doi.org/10.1007/s11682-020-00346-y>).

Por otro lado, en el estudio realizado por Gregoire et al. (2022), se identificaron diversos cambios morfológicos cerebrales por privación auditiva y congénita, en el giro temporal superior y el giro de Heschel, en personas sordas. La mayoría de las

investigaciones relacionadas coinciden en que existe una disminución de la SB en la corteza auditiva primaria. Además, se registraron alteraciones estructurales en el lóbulo frontal, específicamente en su volumen y microestructura de la SB, afectando los giros inferior, medio y superior. Los hallazgos también revelaron cambios en áreas visuales, como la corteza occipital. En cuanto a bebés y niños sordos, se observó una disminución en el volumen y grosor de la sustancia gris (SG), así como una menor cantidad de SB. Por el contrario, en adultos, que adquirieron el uso del LS concuerda con un mayor volumen en estas áreas. Así mismo, se encontró una expansión de la superficie del lóbulo temporal anterior izquierdo en los usuarios de LS. Por otra parte, el fascículo longitudinal inferior muestra disminución de la SG en el hemisferio izquierdo en comparación con el derecho, en lo que el autor intuye que se debe a una mayor participación fonológica del hemisferio derecho. De manera consecutiva, se observó un aumento de SG en el núcleo geniculado lateral derecho lo cual podría deberse a una mayor dependencia de la información visual en personas sordas, también se encontraron cambios en el cerebelo, particularmente, un aumento de la SG en el lado derecho en el crus I y II, lóbulos IV-V y IX-X una disminución de SG en el crus II izquierdo y el lóbulo VIII afectando o generando una disfunción vestibular.

Figura 7

Metaanálisis de ALE sobre los cambios en la densidad de GM y WM en el cerebro de



Nota. El hemisferio derecho se muestra a la derecha de las imágenes. Los números en la parte superior de los cortes indican las coordenadas y de los cortes coronales en el espacio MNI. Se encontraron tres grupos de disminución de volumen en personas sordas, y ninguno de aumento de volumen. Se ubican tanto en STG como en la circunvolución temporal media y la ínsula adyacentes, y afectan principalmente a WM. De “Brain Morphological Modifications in Congenital and Acquired Auditory Deprivation: A Systematic Review and Coordinate-Based Meta-Analysis“, por Grégoire, A., Deggouj, N., Dricot, L., Decat, M., & Kupers, R. 2022, *Frontiers in neuroscience*, 16. (<https://doi.org/10.3389/fnins.2022.850245>).

Consecuente a lo anterior, la revisión de Cardi et. al (2020) exploró la neuroplasticidad cerebral, desde reorganizaciones intermodales de las personas sordas basándose en dos teorías, la primera, nombrada preservación funcional que explica si las personas con alguna privación sensorial mantienen sus funciones originales, pero se adaptan para procesar información de otros sentidos o estos cambian, y la segunda, un cambio funcional que explica si las regiones sensoriales privadas asumen roles completamente nuevos. Desde esta perspectiva se encontraron cambios en la corteza

temporal superior (CTS) considerada una región de entrada sensorial principalmente auditiva pero que también convergen allí el tacto y la visión, además, la corteza temporal superior posterior se ve implicada en el procesamiento del lenguaje en el hemisferio izquierdo, pero también tiene un rol importante en la memoria de trabajo. Por lo tanto, estas regiones que principalmente tiene funciones específicas pueden adaptarse o cambiar para realizar tareas con diferentes modalidades.

Heimler y Amedi (2020) exploran dos teorías sobre la organización sensorial en el cerebro. La primera, derivada principalmente de obras fundamentales de Hubel y Wiesel postulan que una exposición unisensorial temprana durante un periodo crítico en la plasticidad cerebral, podría ocasionar una respuesta positiva o esperada, y además permitiría desarrollar al ser humano en términos conductuales típicos y también especializaciones cerebrales típicas. La segunda, deriva principalmente de nuevos estudios sobre privaciones sensoriales y la teoría del gradiente de plasticidad reversible, la cual expone que la ausencia de experiencia sensorial no impide el surgimiento de especializaciones sensoriales si se puede acceder a información específica a través de otra modalidad, además, estas especialidades típicas se pueden reestablecer en cualquier momento a lo largo de la vida con entrenamientos orientados a tareas. De esta forma, se ha expuesto que las personas que han adquirido una sordera tardía después de un momento crítico de experiencia sensorial auditiva, podría ser un factor determinante en procesos de rehabilitación auditiva dando paso a una reorganización de las especialidades cerebrales.

Frederiksen y Kroll (2022) revisan las bases neurológicas de la plasticidad en personas bilingües, mostrando cómo el bilingüismo produce cambios en los patrones neuronales y en la estructura cerebral. Los autores destacan un aumento en la SG y en el grosor cortical de la corteza temporoparietal en bilingües, así como una mayor integridad de la SB, especialmente en el fascículo frontooccipital inferior. Igualmente, estos autores proponen que el bilingüismo pudiera actuar como un factor protector contra la demencia por lo que podría ser un tema para futuras investigaciones. Además, las diferencias del volumen de materia gris en áreas frontales del cerebro se asocian con las funciones ejecutivas y se encontró que los bilingües unimodales tenían un mayor volumen de materia gris en comparación con los monolingües.

En contraste, la revisión de varios autores explora cómo el cerebro procesa el lenguaje en personas sordas y oyentes mediante distintas técnicas de neuroimagen y electroencefalografía, proporcionando una visión integrada sobre la actividad cerebral en respuesta a tareas lingüísticas y visoespaciales (Yang et al., 2024; Caldwell, 2022; Hernández et al., 2022).

De esta manera, Yang et al. (2024) encontraron en el metaanálisis de 44 estudios la actividad cerebral en respuesta de tareas lingüísticas en personas con sordera temprana, allí, se pudieron analizar la participación de las cortezas frontotemporales bilaterales, las cortezas occipitotemporales laterales bilaterales, la amígdala craneal izquierda y el giro fusiforme izquierdo. También en el mapeo basado en semillas (SDM), se hallaron involucradas las regiones corticales-subcorticales como el giro parietal superior izquierdo

(SPG) el giro parietal inferior (IPG) el giro poscentral bilateral, las cortezas occipitales inferiores bilaterales, la ínsula y el cerebelo bilaterales, además del núcleo caudado bilateral. Por otro lado, en los procesos sensoriomotores de las personas sordas se observó una participación de las áreas occipitotemporal y premotora, atribuidos al procesamiento visoespacial y los movimientos mano-cuerpo requeridos en el lenguaje de señas. En cuanto a la lateralización se halló un patrón general de lateralización izquierda para el procesamiento del lenguaje en individuos con sordera temprana, lo que indica que estos individuos dependen de una red central del lenguaje con lateralización izquierda, similar a sus contrapartes oyentes.

Distintivamente, la revisión narrativa, de Caldwell (2022) ha expuesto diferencias de activación cerebral en las personas sordas en comparación con sus contrapartes oyentes, encontrando que las personas sordas tienen una mayor activación en el lóbulo parietal e inferior derecho, y también en el giro supramarginal izquierdo (SMG), si bien este estudio también toma en cuenta las personas oyentes o bilingües bimodales, se ha descubierto zonas corticales que pueden ser exclusivos de personas que aprenden lengua de señas, como las anteriormente señaladas, aunque otros autores tienen una posición diferente de la activación del lóbulo parietal, el documento explica cómo puede tener un papel relevante. Al mismo tiempo, el SMG no es solo un sustrato anatómico para el mero procesamiento espacial no lingüístico en LS. Más bien, la SMG también está involucrada en el procesamiento de información sintáctica y fonológica compleja para la comprensión de la lengua de señas. Por último, se destaca la importancia de considerar factores como la lateralización hemisférica y los componentes de potenciales relacionados con eventos o

event-related potentials (ERPs) como el N400 y anterior lateral negativity o (LAN), que muestran patrones distintos en el procesamiento de lengua de señas (LS) y lenguaje hablado (LH) en múltiples tareas del contenido lingüístico.

En ese mismo orden de ideas, Hernández et al. (2022) explora técnicas como la electroencefalografía y la magnetoencefalografía. A partir de ello, técnicas como la negatividad de desajuste (MMN) y sus generadores cerebrales, parecen incluir diferentes regiones de la corteza auditiva, así como los lóbulos frontales, con contribuciones de otras estructuras cerebrales como el tálamo y el hipocampo, la negatividad de desajuste visual (vMMN) ha reportado una amplia distribución topográfica incluyendo la corteza visual en áreas occipitales, áreas temporales posteriores y regiones frontales. Posteriormente hay otras técnicas dentro de los potenciales relacionados con eventos (ERPs) como el P300 que se genera como resultado de la interacción entre varias áreas cerebrales, como las redes frontal y temporal/parietal, con algunas contribuciones de varias estructuras subcorticales y el N400 que incluyen una amplia red de áreas cerebrales, como el lóbulo temporal medial anterior, las áreas temporales media y superior, las áreas temporales inferiores y las áreas prefrontales. Además, el P600 es un componente muy ampliamente distribuido que se extiende por las áreas centroparietales del cuero cabelludo.

Posteriormente, el mismo autor, promueve el uso de este tipo de técnicas que permite a los investigadores proporcionar información sobre la temporalidad y la secuencia de los procesos cognitivos, involucrados en la comprensión y producción del lenguaje. Además, diferentes componentes de los ERPs que están asociados con etapas específicas

del procesamiento del lenguaje, como la identificación de palabras, la integración semántica y la revisión sintáctica son cruciales para entender cómo el cerebro maneja el lenguaje de señas, que tiene características únicas en comparación con el lenguaje hablado.

Lenguaje

Algunos componentes del lenguaje son: sintaxis, semántica, morfología, fonología, pragmática y están relacionados con el contexto, además de la cultura. Autores como Deldar et al. (2023) mencionan como la relación de estos componentes son utilizados en diferentes modalidades de producción y comprensión del lenguaje como el habla, la escucha, la lectura, la escritura. No obstante, la investigación destaca que el lenguaje no solo implica la producción y la comprensión de palabras, sino que también requiere manipulación de la memoria de trabajo la cual está involucrada en todos los dominios de cognición superior. De esta manera, el lenguaje puede ser analizado desde el contenido más pequeño como la palabra, hasta la composición de estructuras y reglas más complejas. Además, señala algunas áreas implicadas en el procesamiento del lenguaje como el lóbulo occipital izquierdo, encargado de procesar estímulos visuales, el giro fusiforme izquierdo, asociado con el reconocimiento de palabras, el giro temporal superior izquierdo, quien procesa la comprensión del lenguaje al asociar significado a la información auditiva, el giro frontal izquierdo, importante para la comprensión de las palabras ambiguas, los ganglios basales, que mantiene disponible significados alternativos en interacción con otras áreas, el núcleo caudado en correlación con el desempeño de una tarea de recuerdos al recibir una señal con contenido verbal.

Torres et al. (2021) en su revisión narrativa, expone como se ven reorganizadas las cortezas visuales y auditivas en personas sordas. Además, indica como está reorganización involucra las rutas dorsal y ventral del lenguaje extendidas por las cortezas del lóbulo parietal, temporal y frontal en ambos hemisferios del cerebro. Asimismo, se enfatiza la importancia del acceso temprano lingüístico basándose también en Hall (2018) bien sea de manera oral o en lengua de señas, para un desarrollo cognitivo “saludable”. Igualmente, se menciona que los niños sordos que aprenden LS a una edad temprana, tienden a tener mejor desempeño en tareas que involucren la lectura y escritura.

Por otra parte, Morgan et al. (2021) indica en su revisión de la literatura que en el Reino Unido la mayoría de los bebés sordos nacen de padres oyentes, sin experiencia con la sordera, lo implica que, aunque los bebés sordos no presenten deterioro cognitivo, pueden experimentar varios desafíos en la percepción y producción del lenguaje hablado. De igual manera, los bebés sordos con padres oyentes podrían tener menores posibilidades de desarrollar un lenguaje prelingüístico debido a que los padres no tienen muy claro como estimular las formas de comunicación con sus bebés.

Lengua de signos. Algunos autores como Bonna et al. (2021) sugieren que las personas sordas pueden presentar mayor plasticidad cerebral impulsada por el lenguaje y no por los sentidos, aunque no necesariamente sea así debido a las diferentes formas de comunicación visual como la lectura de labios. En ese mismo orden de ideas, suponen que la mayoría de los efectos bilaterales y a gran escala revelados en este estudio

probablemente estén relacionados con la privación sensorial en lugar de la competencia en la lengua de signos.

Sumado a esto, Torres (2021) Dentro de la evidencia señala que la lengua de señas (LS) constituye un sistema lingüístico complejo y bien estructurado, aunque su modalidad principal es viso-gestual. A su vez, el uso de la LS contribuye al fortalecimiento de la memoria de trabajo visoespacial en niños, lo que indica un impacto positivo en el desarrollo de esta habilidad cognitiva. Además, las personas que dominan la lengua de señas poseen un bucle fonológico en su memoria de trabajo similar al que presentan los oyentes. Este sistema se compone de dos partes: por un lado, un almacén fonológico que conserva la información mediante códigos fonológicos visuales, como la forma y orientación de la mano, su localización en el espacio y el movimiento; y por otro, un articulador encargado de mantener activa la información a través de la repetición.

En cuanto a la estructuración del lenguaje, se ha comprobado que la ruta dorsal del cerebro interviene en la construcción sintáctica tanto en personas sordas como oyentes, aunque en el caso de los usuarios de LS, esta participación es más bilateral. Esta activación en ambos hemisferios se justifica porque los enunciados en lengua de señas incluyen tanto elementos secuenciales, característicos del lenguaje oral, como componentes espaciales que requieren un procesamiento visual más amplio. Por otro lado, la ruta ventral cumple un rol clave en la interpretación del significado y en la comprensión de la lengua de señas. Finalmente, se ha demostrado que el procesamiento de la LS implica la activación de regiones cerebrales dependientes de la modalidad en ambos hemisferios. Esto indica que su

desarrollo no depende únicamente de una reorganización de las áreas auditivas y del lenguaje, sino también del procesamiento visual de señales como los movimientos faciales y gestuales que forman parte del sistema comunicativo de la LS.

Adicionalmente, Hernández et al. (2022) encontraron que los fundamentos neuronales del lenguaje hablado y los mecanismos neuronales subyacentes para el procesamiento léxico de los lenguajes de señas son análogos, de esta manera, algunos autores de la revisión han encontrado que la LS influye en la percepción del color de los participantes al utilizar ambos hemisferios cerebrales, lo que sugiere un efecto relacionado con el lenguaje en la percepción. En consecuencia, interpretaron como los signantes sordos procesan implícitamente los signos léxicos, las diferencias de respuesta neuronal entre signantes sordos y no signantes oyentes, que podrían ocurrir en una etapa temprana en el procesamiento de signos. Igualmente, otros autores concluyeron que existe una relación íntima entre la forma de la Lengua de Señas Estadounidense (ASL) y el significado de ASL que interactúa durante el procesamiento del lenguaje en línea de maneras que difieren de lo que se ha observado en la lengua hablada o (SPL).

Por otra parte, Caldwell (2022) indaga como las regiones temporales logran ser muy importantes en el procesamiento del lenguaje de señas. Al mismo tiempo en la lengua de señas la información fonológica puede depender de la ubicación, de tal forma que se activaban las áreas occipitales (V5), y por lo tanto sus regiones de salida temporal posterior, pueden tener un participación en la percepción del movimiento biológico. Igualmente, las áreas parietales son muy importantes ya que el autor lo relaciona directamente como un

factor de diferencia y exclusivo de la LS al igual que el giro supramarginal (SMG), de esta manera, el SMG sirve para el deletreo manual. Además, la participación del SMG puede relacionarse también en la asignación de significado fonológico a la información espacial en SL.

Por lo tanto, autores como Grégoire et al. (2022) encontraron que el lenguaje de signos induce en modificaciones cerebrales especialmente en la región motora en la mano, y en las regiones implicadas en el procesamiento visual de rostros y manos, durante la comprensión del lenguaje de señas. También la edad de adquisición de la LS juega un papel central en la morfología cerebral, corroborando la idea de un período crítico de adquisición del lenguaje, como para el desarrollo auditivo del cerebro, además, se debe tener en cuenta que la falta de acceso temprano a SL en caso de sordera es responsable de una disminución de GM dentro del lóbulo occipital.

Posteriormente, el aprendizaje o adquisición temprana de la lengua de señas en niños a una edad temprana, puede ser una base importante para una consolidación del lenguaje y la comunicación en personas sordas, asociado con un mayor volumen o densidad de la sustancia gris y blanca implicadas en el procesamiento del lenguaje como el giro frontal inferior y funciones ejecutivas como el giro frontal medio, procesamiento visoespacial y motor e integración sensorial multimodal, cosa que sugiere que la ausencia o el deterioro de la experiencia auditiva podría también impactar el desarrollo de la lengua hablada. Además, el uso y la adaptación de nuevas tecnologías en la actualidad son una herramienta que puede ser utilizada como un medio complementario o primario, para la

evaluación de factores que podrían ser determinantes para el desarrollo lingüístico, cognitivo y cerebral de los niños sordos (Guerrero et al., 2022; Simon et al., 2020).

Del mismo modo, Heimler y Amedib (2020) refieren que la exposición a un entrenamiento audiovisual, en este caso una terapia de lectura del habla, y emparejamiento de lengua de signos con el lenguaje hablado, podría mejorar la recuperación lingüística auditiva en comparación con solo el entrenamiento auditivo en personas con implante coclear.

Asimismo, varios de estos artículos ponen de manifiesto la importancia de la lengua de señas no solo como un medio de comunicación sino también, una herramienta que podría tener diferentes impactos positivos a nivel cerebral, algunos ejemplos de ello son que el aprendizaje de la lengua de señas podría ser un factor protector para la demencia. Además, la exposición y el uso de una lengua de señas durante toda la vida, sino también la exposición a corto plazo puede afectar el primer lenguaje aprendido o L1 al aumentar y cambiar cualitativamente el uso de gestos. Adicionalmente, el efecto que puede tener una adquisición temprana del lenguaje de signos, por ejemplo, en el análisis de metarregresión reveló que la adquisición tardía del lenguaje de señas resultó en una activación atenuada de las regiones frontotemporales izquierdas. Al mismo tiempo, se ha demostrado que el acceso limitado al lenguaje de señas a una edad temprana está asociado con un volumen reducido de materia gris y/o grosor cortical en las regiones frontotemporales izquierdas de adultos sordos. Por consiguiente, la lengua de signos puede ser un factor importante para comprender las funciones ejecutivas y el lenguaje en las personas sordas, ya que la

plasticidad y los cambios a nivel de corteza dependiendo el tipo de sordera pueden ampliar el entendimiento de este modelo (Frederiksen y Krol et al., 2022; Rönnberg et al., 2022; Yang et al., 2024).

Funciones ejecutivas

La mayoría de los estudios coinciden en que el uso del lenguaje en las personas sordas a temprana edad puede significar un progreso esperado de las funciones ejecutivas en comparación a la población oyentes. Dicho de esa manera, un estudio presentado por Hall (2018) llevado a cabo con 116 niños de 5 a 12 años, oyentes, nativos en el aprendizaje de lengua de señas y personas con implante coclear con acceso tardío al lenguaje de señas, tenía como objetivo discriminar la relación que hay entre la sordera, las funciones ejecutivas, y el acceso tardío al lenguaje y la audición, por medio de 3 evaluaciones que miden el desempeño de las funciones ejecutivas, como la atención, planificación, resolución de problemas y control inhibitorio, además de un informe diligenciado por los padres de familia. Se encontró que un acceso temprano del lenguaje tiene un mayor impacto en las funciones ejecutivas, a diferencia de un acceso temprano en la audición, concluyendo que el aprendizaje oral o de lengua de señas en los niños sordos, es importante para el desarrollo de las funciones ejecutivas.

Igualmente, Morgan et al., (2021) argumenta que la interacción social temprana puede apoyar la aparición de las funciones ejecutivas de control de la atención e inhibición, al mismo tiempo menciona que el control inhibitorio básico está dentro de los hitos de las FE hacia el primer año, mientras que la planificación y el autocontrol se desarrollan más

allá de la infancia durante la niñez y la adolescencia. De esta manera, el artículo también menciona que la investigación sobre infantes sordos puede proporcionar información valiosa sobre cómo las funciones ejecutivas se ven afectadas por la calidad de la interacción social y el acceso al lenguaje, ya que estos infantes a menudo enfrentan desafíos únicos en su desarrollo.

Por otra parte, Deldar (2023) menciona la memoria de trabajo como un elemento muy importante para la producción del lenguaje y destaca la participación de los procesos cognitivos superiores como las funciones ejecutivas necesarias para la toma de decisiones, planificación y organización de las palabras. De esta manera, el lenguaje está vinculado de forma bidireccional con todos los dominios cognitivos superiores resaltado la memoria de trabajo y la atención. Por consiguiente, la memoria de trabajo no solo es importante en el rendimiento de tareas lingüísticas sino también puede influir en cómo se procesan y comprenden las estructuras del lenguaje. De esta manera, el lenguaje puede influir en el funcionamiento cognitivo, pero aún hacen falta investigaciones que afirmen lo contrario.

En relación con lo anteriormente dicho Simon et al. (2020) ubicó cambios estructurales en el cerebro principalmente en el hemisferio derecho de las personas sordas, y además encontró la participación del giro frontal medio en tareas que involucran a las funciones ejecutivas como la memoria de trabajo, la planificación y la toma de decisiones. Igualmente, este autor argumenta que las personas que adquieren la LS a una edad temprana pueden tener una respuesta mayormente adaptativa durante los cambios críticos

de plasticidad, compensadas por la falta de estimulación auditiva, mostrando un desarrollo más comparable en funciones ejecutivas con sus pares oyentes.

Posteriormente, Cardin et al. (2020) aduce que la memoria de trabajo sugiere la posibilidad de un cambio significativo de función, desde el procesamiento sensorial a las funciones ejecutivas en las cortezas auditivas de las personas sordas. Igualmente, en personas sordas, las áreas del cerebro normalmente se asocian con la percepción sensorial y pueden adaptarse para desempeñar roles en funciones ejecutivas facilitando del desarrollo de las habilidades cognitivas superiores, resaltando la capacidad del cerebro para reconfigurarse y asumir nuevas funciones.

Grégoire et al. (2022) expresan zonas que se activan en respuesta a tareas que involucran las funciones ejecutivas y el movimiento de manos como el lóbulo frontal. Adicionalmente, la alteración del fascículo arqueado y el fascículo longitudinal superior puede estar relacionado con déficits en las funciones ejecutivas como la memoria y la atención en niños y adultos sordos. Así mismo, el cerebelo también se ve involucrado en muchos de los procesos cognitivos como: la memoria de trabajo verbal, el almacenamiento fonológico, tareas espaciales y entre otras. Por tal motivo, este autor sugiere que la adaptación a un entorno sin estímulos auditivos puede requerir un mayor uso de funciones ejecutivas para procesar información visual y gestionar la comunicación a través de la lengua de señas.

Yang et al. (2024) aborda en los individuos sordos, el uso del lenguaje de señas y otras modalidades de comunicación visual y espacial lo que parece activar de manera

significativa no solo las áreas cerebrales típicas del procesamiento del lenguaje, sino también redes neuronales asociadas a las funciones ejecutivas. La investigación muestra que el cerebelo y el caudado están implicados en procesos de memoria de trabajo y planificación estratégica, funciones que son esenciales para gestionar la complejidad del lenguaje de señas, el cual requiere tanto la coordinación motora como el procesamiento de información tridimensional. Además, se ha observado que el giro frontal inferior derecho (IFG), involucrado en funciones ejecutivas, se activa durante tareas relacionadas con el lenguaje en sordos tempranos, posiblemente debido a la manipulación de estas funciones para organizar y producir signos de manera eficaz. Esta activación indica una superposición entre las redes neuronales del lenguaje y las funciones ejecutivas, lo que sugiere que el aprendizaje y uso del lenguaje de señas en sordos depende en gran medida de habilidades cognitivas como la memoria de trabajo y la planificación, especialmente al apoyarse en la memoria procesal para los aspectos estructurales y espaciales.

Frederiksen y Krol (2022) investigan la generalidad de las funciones ejecutivas, poniendo especial énfasis en el control cognitivo o inhibitorio. En su estudio, analizan las fortalezas y debilidades de aprender la LS en comparación con el aprendizaje de un segundo idioma hablado. Una de las principales fortalezas observadas en los bilingües bimodales quienes aprenden una lengua de señas junto con una lengua oral es que, en ciertas tareas, muestran una menor necesidad de inhibición en comparación con los bilingües que aprenden dos idiomas hablados, como el francés. Esta menor inhibición permite respuestas más rápidas en tareas específicas, lo que sugiere que el aprendizaje de la LS puede mejorar ciertas habilidades de control cognitivo. Estos hallazgos destacan cómo

el aprendizaje de una lengua de señas puede conferir ventajas únicas en el ámbito de la flexibilidad cognitiva y la rapidez de procesamiento en comparación con el aprendizaje de dos idiomas hablados.

Rönnberg (2022) desde la ciencia auditiva del modelo para la facilidad de la comprensión del lenguaje (ELU) considera la interacción entre el procesamiento auditivo y las funciones cognitivas desde niveles subcorticales hasta corticales toma en cuenta las funciones ejecutivas, como la memoria de trabajo, la memoria a largo plazo y la inhibición, de manera implícita o explícita en la posdicción y la predicción que va desde el procesamiento sensorial, hasta la percepción, teniendo en cuenta que la memoria de trabajo puede perturbar el acceso léxico rápido pero mediado fonológicamente. Se discute cómo las personas sordas pueden reclutar áreas visuales del cerebro para procesar el lenguaje, lo que sugiere que hay una reorganización funcional en respuesta a la falta de estímulos auditivos. Se menciona que los usuarios de implantes cocleares y las personas sordas que utilizan ayudas táctiles pueden mostrar activación en áreas auditivas secundarias, lo que indica que el cerebro puede adaptarse para procesar información de diferentes modalidades sensoriales. Esto resalta la importancia de considerar las experiencias de las personas sordas en la investigación sobre el lenguaje y la cognición, así como la necesidad de enfoques inclusivos en la ciencia auditiva cognitiva.

Heimler y Amedid (2020) proponen que el entrenamiento unisensorial en las personas adultas sordas, puede involucrar una remodelación de la plasticidad cerebral, en

varios dominios, ocasionando un beneficio para las habilidades de orden superior como las funciones ejecutivas y el lenguaje.

Por otro lado, desde Caldwell (2022) se infieren los procesos de atención, la inhibición y la memoria de trabajo que hacen parte de los procesos cognitivos y de las funciones ejecutivas que se activan en los procesamientos del lenguaje. La LS en personas sordas según la etiología y contexto podría ser relevantes ya que los signantes deben coordinar múltiples elementos visuales y espaciales al comunicarse.

Al igual que Caldwell et al. (2022) proponen técnicas de (EEG) como el P600 importante para medir los procesos atencionales y conscientes cognitivos, la función cognitiva en los procesos de toma de decisiones, y no se descartan las otras dimensiones como el control inhibitorio y la memoria de trabajo. Al mismo tiempo, autores que apoyan el artículo dan soporte de que el P600 se puede relacionar con la participación de las funciones ejecutivas en un proceso de reprocesamiento de oraciones que promueve la coherencia del discurso.

Personas con Implante coclear.

Lima et al. (2023) en su revisión sistemática, en personas con implante coclear (IC) en comparación con las personas sin ningún nivel de pérdida auditiva, observó que de los estudios presentados se utilizaron 46 pruebas y subpruebas cognitivas que evaluaban diferentes áreas cognitivas como la memoria a corto plazo (STM), la memoria de trabajo (MT) a nivel auditivo, visual y visoespacial, cognición no verbal, funciones ejecutivas, lenguaje y entre otras. De igual manera, los resultados reflejan un panorama desalentador

debido a las bajas puntuaciones en contraparte a las de sus pares sin implante, todo esto en tareas que involucraban fluidez cognitiva, control inhibitorio, planificación, atención y MT, no obstante, no en todos los estudios presentaron bajas puntuaciones, sino que más bien presentaron puntuaciones típicas a las de sus pares sin implante. Posteriormente, esta revisión también incentiva la investigación a una problemática de pocas pruebas validadas o adaptadas a las personas con algún tipo de pérdida auditiva.

Discusión

De acuerdo con la sistematización de documentos realizada en esta monografía, se identificaron diversas relaciones entre el lenguaje, las funciones ejecutivas y la lengua de señas en personas sordas. En primer lugar, algunos estudios evidencian alteraciones estructurales en el giro temporal superior y el giro de Heschl, como la reducción del volumen y la densidad de la sustancia blanca, así como disminución de la sustancia gris en las fibras que conectan estas áreas cerebrales. Dicha evidencia sugiere que una adecuada estimulación auditiva para el reconocimiento del sonido puede tener implicaciones en la plasticidad cerebral de personas sordas, tanto en la corteza auditiva primaria como en la secundaria, en niños y adultos (Bonna et al., 2020; Gregorie, 2022; Simon et al., 2020).

No obstante, el cerebro de las personas sordas muestra procesos de reorganización funcional. Bonna et al. (2021), mediante estudios de neuroimagen funcional, evidenciaron que los cambios cerebrales en personas sordas adultas no se limitan a la corteza auditiva, sino que también afectan el acoplamiento entre redes cerebrales de gran escala, como la red

frontoparietal, la red por defecto, y otras relacionadas con la memoria, el control motor voluntario (región opercular), la visión y la atención.

Por su parte, Deldar et al. (2023) identificaron una estrecha relación entre el lenguaje en modalidad hablada y la memoria de trabajo, destacando áreas cerebrales involucradas en tareas de evocación verbal, tales como el lóbulo occipital izquierdo, el giro fusiforme, el giro temporal superior, el giro frontal, los ganglios basales y el núcleo caudado.

De manera análoga a lo observado en personas oyentes, en usuarios de lengua de señas la memoria de trabajo desempeña un papel crucial. Según Torres (2021), el bucle fonológico en esta población se compone de un almacén que retiene información mediante códigos fonológicos visuales (forma, orientación, ubicación y movimiento de la mano), y un articulador que permite la actualización de dicha información. Además, las rutas dorsal y ventral del lenguaje son esenciales tanto para la estructuración sintáctica como para el procesamiento semántico, facilitando la comprensión en la lengua de señas.

Aunque algunos autores afirman que la lengua de señas activa regiones dependientes de la modalidad en ambos hemisferios (Torres, 2021), Cardi (2020) sostiene que el procesamiento lingüístico ocurre predominantemente en el hemisferio izquierdo, al igual que en el lenguaje oral. En contraste, con Caldwell (2022) quien destaca diferencias en el giro supramarginal izquierdo, ubicado en la unión temporoparietal, por su papel en el procesamiento semántico y sintáctico de la información visoespacial. Asimismo, Hernández et al. (2022) encontraron similitudes entre los fundamentos neuronales del lenguaje oral y el

procesamiento léxico en lengua de señas. Algunos estudios incluso reportan que esta modalidad lingüística influye en la percepción del color, involucrando ambos hemisferios cerebrales, lo cual sugiere una interacción entre lenguaje y percepción (Simon et al. 2020).

El aprendizaje temprano de la lengua de señas genera modificaciones estructurales en regiones frontales, aumentando el volumen y la densidad de sustancia gris y blanca debido al procesamiento visual y motor. Estas adaptaciones cerebrales resultan especialmente beneficiosas para quienes adquieren esta lengua desde edades tempranas, a diferencia de los adultos que la aprenden posteriormente, quienes pueden presentar mayores dificultades en la coordinación mano-ojo y en el procesamiento lingüístico implicado en áreas temporales, occipitales y del cerebelo (Caldwell, 2022; Grégoire et al., 2022; Guerrero et al., 2022; Torres, 2021; Simon et al., 2020).

La relación entre lenguaje y funciones ejecutivas también se evidencia en estudios que utilizan pruebas como la subprueba Tower de la batería NEPSY, la subprueba de atención sostenida de la Escala Leiter-R y la tarea Go/No-Go adaptada. Estos estudios, realizados con personas sordas, usuarios de implante coclear y personas oyentes, revelan que sus puntuaciones no difieren significativamente, destacando la importancia del acceso temprano tanto al lenguaje oral como a la lengua de señas para un desarrollo saludable de las funciones ejecutivas. Sin embargo, aún se requiere más evidencia para respaldar esta hipótesis, considerando variables como la edad de adquisición del lenguaje, la tipología de sordera, el momento de pérdida auditiva, el tipo de lenguaje aprendido, y factores

contextuales, culturales y sociales que modulan estas interacciones (Hall, 2018; Morgan et al., 2021).

En cuanto a las pruebas neuropsicológicas, estas herramientas permiten caracterizar el desempeño cognitivo, aunque no determinan por sí solas factores conductuales o cognitivos. En los estudios revisados, se observa el uso de adaptaciones de baterías diseñadas para personas oyentes en población sorda, lo que podría afectar la validez de los resultados y conducir a interpretaciones inadecuadas respecto a las funciones ejecutivas y lingüísticas (Hall, 2018; McFayden et al., 2023; Merchan et al., 2022; Morgan et al., 2021; Lima et al., 2023).

Adicionalmente, la lengua de señas, como parte fundamental de la cultura sorda, ha mostrado impactos positivos en funciones ejecutivas. Por ejemplo, Torres (2021) reporta que su uso favorece el desarrollo de la memoria de trabajo visoespacial en niños. No obstante, Guerrero y Arenas (2023) señalan que las personas sordas pueden presentar mayores dificultades en la consolidación de esta memoria, aunque muestran ventajas en atención periférica, especialmente si adquirieron la lengua de señas a una edad temprana. Merchan et al. (2022) también evidencian, mediante tareas de recuperación de letras, búsqueda de símbolos y pruebas de memoria visoespacial, que las personas sordas tienden a presentar periodos de retención más breves que sus pares oyentes.

No obstante, el uso de dispositivos auditivos como el implante coclear ha generado controversia en cuanto a su impacto sobre la estimulación sensorial y la modalidad lingüística empleada por las personas sordas. Esta discusión cobra relevancia al considerar

que, como se ha mencionado previamente, el lenguaje puede influir tanto positiva como negativamente en el desarrollo de las funciones ejecutivas en niños con sordera.

En este sentido, el estudio sistemático realizado por Lima et al. (2023) presenta un panorama diferenciado entre usuarios de implante coclear y personas oyentes, evidenciando que los primeros obtienen puntuaciones inferiores o dentro del rango típico en un conjunto de 46 pruebas y subpruebas orientadas a evaluar diversas áreas cognitivas, incluyendo la memoria de trabajo auditivo-visual, la memoria visoespacial, la cognición no verbal, las funciones ejecutivas y el lenguaje, entre otras.

De igual forma, Heimler y Amedi (2020) sostienen que la estimulación auditiva temprana, cuando se combina con estrategias como la lectura labial y el uso complementario de la lengua de señas junto al lenguaje oral, puede favorecer una mejor recuperación del lenguaje auditivo en comparación con programas centrados exclusivamente en el entrenamiento auditivo para usuarios de implante coclear.

Finalmente, los estudios revisados revelan una compleja interacción entre las funciones ejecutivas y el lenguaje, especialmente en relación con la plasticidad de la corteza auditiva. Los hallazgos subrayan la necesidad de considerar el contexto, la cultura, la crianza y el acceso temprano al lenguaje como factores clave para promover un desarrollo cognitivo y lingüístico saludable en personas sordas (Bonna et al., 2020; Cardi, 2020; Hernández et al., 2020; Torres et al., 2021; Rönnberg, 2022; Yang et al., 2024).

Limitaciones

Algunas de las limitaciones de este documento son la escasa publicación de documentos en Latinoamérica, debido a que varias de las revisiones se centran principalmente entre Europa y América del norte. Al mismo tiempo, se evidenció una limitada construcción de documentos en español, lo cual podría dificultar el acceso a la información e interpretación frente a los componentes lingüísticos de la lengua de señas de cada país. Esta carencia restringe la posibilidad de identificar o comparar posibles cambios estructurales o funcionales a nivel cerebral entre distintas lenguas de señas en América Latina o en el resto del mundo.

Por otro lado, aunque las personas con dispositivos de implante coclear están dentro de los criterios de exclusión. Los estudios que se presentan en estas personas pueden agregar mayor valor y ampliar el panorama en la plasticidad de las personas sordas, los procesos de rehabilitación auditiva y los impactos a nivel cognitivo del lenguaje, funciones ejecutivas y lengua de señas en comparación con las personas sordas y oyentes.

Conclusiones

Los estudios revisados coinciden en que existe una relación estrecha entre lenguaje y funciones ejecutivas, particularmente en lo que respecta a la adquisición temprana del lenguaje y la interacción cercana que hay entre ciertas funciones ejecutivas como la memoria de trabajo y el lenguaje. Si bien, esta adquisición no garantiza ventajas cognitivas respecto a personas oyentes, sí podría representar un factor protector que contribuya al desarrollo esperado de dichas funciones.

Igualmente, se encontró información sobre plasticidad cerebral e intermodal, debido a la variedad de estudios con diferentes técnicas de medición en respuesta a tareas lingüísticas o cognitivas evidenciado la respuesta cerebral en diferentes etapas del ciclo vital, tipo de sordera prelocutiva o poslocutiva. Además, se logró evidenciar una relación en estudios al ubicar modificaciones en el giro temporal superior y el giro de Heschel encontrando una reducción en el volumen y la densidad de sustancia blanca, como también reducción de la sustancia gris en las fibras que conectan con estas áreas cerebrales.

Algunos datos en neuroimagen al comparar fuerzas en las conexiones funcionales entre los participantes sordos y los participantes oyentes encontraron que las personas sordas en adultos no solo se limitan a cambios en la corteza auditiva, sino que también, altera el acoplamiento entre otras redes a gran escala como la red frontoparietal, la red neuronal por defecto, redes a gran escala. Adicionalmente, las técnicas en señales cerebrales son herramientas de las neurociencias que pueden ampliar el conocimiento sobre el funcionamiento fisiológico del lenguaje y la cognición.

Por otra parte, las diferencias y similitudes entre el lenguaje hablado y la lengua de señas entre las personas sordas y oyentes siguen siendo un tema de debate, debido a los planteamientos expuestos entre las áreas implicadas y la lateralización del lenguaje. Sin embargo, aún sigue estando en materia de investigación, las ventajas de aprender una modalidad de lenguaje como lo es la lengua de señas en personas oyentes, y la oralización del lenguaje hablado en las personas sordas, frente a qué beneficios o desventajas podría tener en las personas sordas y oyentes, en sus habilidades cognitivas.

De esta manera, en Colombia los estudios en neurociencias enfocados en la población sorda y la lengua de señas aún son escasos. Esta situación representa una valiosa oportunidad para profundizar en el conocimiento de las propiedades lingüísticas de esta lengua visoespacial, la cual varía según cada país e incluso entre regiones, lo que la convierte en un objeto de estudio único desde una perspectiva cultural y científica.

Dentro de las posibilidades tecnológicas, se destaca el potencial del electroencefalograma (EEG) una herramienta accesible y de bajo costo que podría facilitar avances significativos en el estudio de la plasticidad cerebral y la cognición en personas sordas. No obstante, se ha identificado una carencia de instrumentos específicos para evaluar las funciones ejecutivas en esta población, tanto en Colombia como a nivel internacional, lo cual constituye un vacío importante en la literatura científica.

Asimismo, se ha comprobado que el aprendizaje de la lengua de señas tiene efectos positivos en el desarrollo del bilingüismo, comparables a los observados en personas que aprenden una segunda lengua oral. Sin embargo, se identifican importantes barreras en el acceso a esta lengua por parte de padres oyentes de niños sordos. Entre estas barreras se destaca el alto costo de los intérpretes y la escasez de recursos accesibles para el autoaprendizaje, lo cual limita significativamente la comunicación y el desarrollo lingüístico temprano de estos niños.

En ese sentido, es fundamental continuar investigando sobre las estructuras gramaticales de la lengua de señas, ya que estas evolucionan según el contexto sociocultural y el entorno comunicativo, de manera similar a las lenguas orales en cada

país. Por otra parte, también resulta necesario ampliar el conocimiento relacionado con el uso de implantes cocleares, dado que, como se ha mencionado, su implementación en etapas tempranas genera debate respecto al impacto que puede tener en la adquisición del primer lenguaje, ya sea en modalidad oral o viso-gestual.

Asimismo, es relevante que en América Latina se promueva la producción y difusión de artículos científicos en español, con el fin de garantizar un acceso libre y equitativo a la información. En esta misma línea, se requiere la participación activa de la comunidad científica y el respaldo de instituciones especializadas. En el caso de Colombia, el Instituto Nacional para Sordos (INSOR) ofrece una amplia gama de recursos relacionados con los derechos y la educación de las personas sordas, promoviendo políticas públicas inclusivas. No obstante, sería pertinente que dicha entidad, junto con otras instancias académicas, fortaleciera las investigaciones centradas en la lengua de señas, especialmente desde una perspectiva neurocientífica que permita comprender más profundamente los procesos cognitivos y lingüísticos implicados.

Por último, esta revisión busca obtener una comprensión neurocientífica de los aportes documentales que se han hecho sobre la lengua de señas y de la población sorda en Colombia, así como resaltar la importancia de incluir esta lengua en la formación de profesionales de la psicología. Contar con las herramientas necesarias para atender adecuadamente a personas sordas desde los distintos campos de la disciplina —clínico, educativo, organizacional y comunitario— es fundamental para avanzar hacia una atención más inclusiva y equitativa.

Referencias

- Arcos Rodríguez, V. A. (2021). Funciones ejecutivas: una revisión de su fundamentación teórica. *Poiésis*, (40), 39–51. <https://doi.org/10.21501/16920945.4051>
- Arellano, F. J., Moreno del Pozo, G. F., Culqui, C. O., & Tamayo Arellano, V. (2021). Procesamiento cerebral del lenguaje desde la perspectiva de la neurociencia y la psicolingüística. *Revista de Ciencias Sociales* 4(27), 292-308. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28069360021>
- Aguilar, J., Alonso, L., Arriaza, J., Cairón, M., Camacho, C., Conde, M., Fontiveros, A., Galán, P., García, F., García, M., Guerrero, L., Cortina, M., Herrero, J., Latorre, J López, R., Lozano, D., https://sid-inico.usal.es/idocs/F8/FDO23840/apoyo_educativo_discapacidad_auditiva.pdf
- Alencar, C., Butler, B., & Lomber, S. G. (2019). What and How the Deaf Brain Sees. *Journal of cognitive neuroscience*, 31(8), 1091–1109. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01425
- Bonna, K., Finc, K., Zimmermann, M., Bola, L., Mostowski, P., Szul, M., Rutkowski, P., Duch, W., Marchewka, A., Jednoróg, K., & Szwed, M. (2021). Early deafness leads to re-shaping of functional connectivity beyond the auditory cortex. *Brain Imaging and Behavior*, 15(3), 1469–1482. <https://doi.org/10.1007/s11682-020-00346-y>
- Caldwell H. B. (2022). Sign and Spoken Language Processing Differences in the Brain: A Brief Review of Recent Research. *Annals of neurosciences*, 29(1), 62–70. <https://doi.org/10.1177/09727531211070538>
- Corona Lisboa, J. L. (2015). Use and importance of monographs. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 34(1), 64-68. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002015000100007&lng=es&tlng=en.
- Cardin, V., Grin, K., Vinogradova, V., & Manini, B. (2020). Crossmodal reorganisation in deafness: Mechanisms for functional preservation and functional change. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, (113), 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.03.019>

- Deldar, Z., Gevers, C., Khatibi, A., & Ghazi, L. (2020). The interaction between language and working memory: a systematic review of fMRI studies in the past two decades. *AIMS neuroscience*, 8(1), 1–32. <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2021001>
- Diéguez, V. & Peña, C. (2012) *Cerebro y Lenguaje Sintomatología Neurolingüística (1ªed.)* Editorial Panamericana. <https://catalogo.cecar.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=28533>
- Departamento Nacional de Estadística (2021). *Colombia Encuesta Nacional de Calidad de Vida - ECV 2021*. <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/734/variable/F5/V277?name=P1906S1>
- Domínguez, A. y Veldazama, A. (2020) *Tendencias actuales en la investigación en lenguaje escrito y sordera*, ed. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Emmorey, K., Allen, J. S., Bruss, J., Schenker, N., & Damasio, H. (2003). A morphometric analysis of auditory brain regions in congenitally deaf adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(17), 10049–10054. <https://doi.org/10.1073/pnas.1730169100>
- Emmorey, K., McCullough, S., Mehta, S., & Grabowski, T. J. (2014). How sensory-motor systems impact the neural organization for language: direct contrasts between spoken and signed language. *Frontiers in psychology*, 5, 484. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00484>
- Emmorey, K. (2015). The Neurobiology of Sign Language. In: Arthur W. Toga, editor. *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference*. (3), 475-479.
- Friederici, A. (2017). *Language in our brain the origins of a uniquely human capacity*. Massachusetts Institute of Technology. DOI <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262036924.001.0001>
- Frederiksen, A. T., & Kroll, J. F. (2022). Regulation and control: What bimodal bilingualism reveals about learning and juggling two languages. *Languages*, 7(3), 214. <https://doi.org/10.3390/languages7030214>

- Flores Lázaro, J. C., Ostrosky-Shejet, F. (2015) Desarrollo neuropsicológico de lóbulos frontales y funciones ejecutivas. Manual Moderno.
- Fedorenko, E., & Thompson-Schill, S. L. (2014). Reworking the language network. *Trends in cognitive sciences*, 18(3), 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.12.006>
- Guerrero-Arenas, C. I., & Osornio-García, F. U. (2023). Cognition Assessment Technologies on Deaf People. *Journal of cognition*, 6(1), 18. <https://doi.org/10.5334/joc.262>
- Grégoire, A., Deggouj, N., Dricot, L., Decat, M., & Kupers, R. (2022). Brain morphological modifications in congenital and acquired auditory deprivation: A systematic review and coordinate-based meta-analysis. *Frontiers in neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.850245>
- Goycoolea, M. (2016). Introducción y perspectiva general de la hipoacusia neurosensorial. *Revista médica Clínica Las Condes*, 27(6), 721–730. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.11.002>
- Hincapié Cifuentes, L. (2016). Lenguaje y funciones ejecutivas en sujetos sordos usuarios de la lengua de señas colombiana. *Universidad de San Buenaventura*. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/entities/publication/9a534ac0-771d-4fe5-bf30-17e93f0f0289>
- Herrera, Luis. (2020). Procesamiento Cerebral del Lenguaje: Historia y evolución teórica Cerebral Processing of language: *History and theoretical evolution*. vol.17, n.17, pp.101-130. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2019000100007&script=sci_abstract
- Heimler, B., & Amedi, A. (2020). Are critical periods reversible in the adult brain? Insights on cortical specializations based on sensory deprivation studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 116, 494–507. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.06.034>
- Hernández, D., Puupponen, A., & Jantunen, T. (2022). The contribution of Event-Related Potentials to the understanding of sign language processing and production in the brain: Experimental evidence and future directions. *Frontiers in communication*, 7. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2022.750256>

- Hall, M. L., Eigsti, I. M., Bortfeld, H., & Lillo-Martin, D. (2018). Executive Function in Deaf Children: Auditory Access and Language Access. *Journal of speech, language, and hearing research*. 61(8), 1970–1988. https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-L-17-0281
- Instituto Nacional para Sordos “INSOR” (2023) *Ministerio de Educación Nacional de Colombia* <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-85396.html>
- Kotowicz, J., Woll, B., & Herman, R. (2023). Executive Function in Deaf Native Signing Children. *Journal of deaf studies and deaf education*, 28(3), 255–266. <https://doi.org/10.1093/deafed/enad011>
- Kolb, B., & Whishaw, I. (2017). *Neuropsicología humana* (4.^a ed.) Editorial Médica Panamericana.
- Kral A., Schröder J. H., Klinke R., Engel A. K. (2003). Absence of cross-modal reorganization in the primary auditory cortex of congenitally deaf cats. *Exp. Brain Res*. 153 605–613. 10.1007/s00221-003-1609-z <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12961053/>
- Marzo Peña, A., Rodríguez Fleitas, X., & Fresquet Pedroso, M. M. (2022). La lengua de señas. Su importancia en la educación de sordos. *Varona. Revista Científico-Metodológica*, 75. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1992-82382022000200005
- Meca y Juan Botella, J. S. (2010). Revisiones sistemáticas y meta-análisis: herramientas para la práctica profesional. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 7–17. <https://www.papelesdelpsicologo.es/pdf/1792.pdf>
- Morales, F. T., Parraguez, A., & Salamanca, M. (2021). Cognición y Aprendizaje en Niños Sordos: Una Revisión Narrativa. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 21(1), 117–132. <http://revistaneurociencias.com/index.php/RNNN/article/view/10>
- Morgan, G., Curtin, M., & Botting, N. (2021). The interplay between early social interaction, language and executive function development in deaf and hearing infants. *Infant Behavior & Development*, 64(101591). <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2021.101591>

- Medeiros, S., Goudinho, L., da, S., Ferreira, S., Mendes, B., Vale, M., dos, S., Oliveira, A., Leite, A., Silva Junior, E., Silva, M., Fausto, S., Pinto, S., & Braz, R. (2021). As bases biológicas da surdez. *Research, Society and Development*, 10(10). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18656>
- Merchán, A., Fernández García, L., Gioiosa Maurino, N., Ruiz Castañeda, P., & Daza González, M. T. (2022). Executive functions in deaf and hearing children: The mediating role of language skills in inhibitory control. *Journal of experimental child psychology*, 218, 105374. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105374>
- McFayden, T. C., Faust, M. E., McIntosh, A., & Multhaup, K. S. (2023). Effect of visual presentation format and recall direction on letter span and error patterns in deaf signing and hearing adults. *Attention, Perception and Psychophysics*, 85(5), 1631-1648. doi:<https://doi.org/10.3758/s13414-023-02664-x>
- Neira-Gómez, Juan P., Marín-Castro, María J., Guerra-Espinosa, Valeria, Salazar-Grisales, Alejandro, Henao-Villada, Alejandro, Carvajal-Fernández, Julián, & Suárez-Escudero, J. (2022). Actualización desde la anatomía funcional y clínica del sistema visual: énfasis en la vía y la corteza visual. *Revista mexicana de oftalmología*, 96(2), 71-81. <https://doi.org/10.24875/rmo.m22000218>
- Lima, J., de Moraes, C., Zamberlan, N., Mandrá, P., & Reis, A. (2023). Neurocognitive function in children with cochlear implants and hearing aids: a systematic review. *Frontiers in neuroscience*, (17), 1242949. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1242949>
- Organización Panamericana de la Salud. (2021) Informe mundial sobre la audición. Washington, D.C. <https://doi.org/10.37774/9789275324677>.
- Poepel, D., Emmorey, K., Hickok, G., & Pylkkänen, L. (2012). Towards a new neurobiology of language. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 32(41). <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3244-12.2012>

- Portellano, J. A. Neuroeducación y funciones ejecutivas. ed. Madrid: Editorial CEPE, 2018. 162 p. <https://elibro.net/es/ereader/uniminuto/156566?page=162>. Consultado en: 01 Apr 2024
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. *La declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para informar revisiones sistemáticas*. *BMJ*. 2021; 372:n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Quandt, L. C., Kubicek, E., Willis, A., & Lamberton, J. (2021). Enhanced biological motion perception in deaf native signers. *Neuropsychologia*, 161, 107996. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107996>
- Rönnberg, J., Signoret, C., Andin, J., & Holmer, E. (2022). The cognitive hearing science perspective on perceiving, understanding, and remembering language: The ELU model. *Frontiers in psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.967260>
- Restrepo Carvajal, J. (2019). *Los límites epistemológicos de las neurociencias: la falacia de las neuro-loquesea*. Universidad de Antioquia. <https://doi.org/10.17533/udea.rp.v11n2a08>
- Santos, S. y Cordes, S. (2022). Habilidades matemáticas en niños sordos y con problemas de audición: el papel del lenguaje en el desarrollo de conceptos numéricos. *Revisión psicológica*, 129 (1), 199–211. <https://doi.org/10.1037/rev0000303>
- Simon, M., Campbell, E., Genest, F., MacLean, M. W., Champoux, F., & Lepore, F. (2020). The Impact of Early Deafness on Brain Plasticity: A Systematic Review of the White and Gray Matter Changes. *Frontiers in neuroscience*, 14, 206. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00206>
- Sánchez, J & Botella, J (2010). *Revisiones sistemáticas y meta-análisis Herramientas para la práctica profesional*. *Dialnet* 7-17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3150797>
- Villwock, A., & Grin, K. (2022). Somatosensory processing in deaf and deafblind individuals: How does the brain adapt as a function of sensory and linguistic experience? A critical review. *Frontiers in psychology*, 13, 938842. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.938842>

Yang, T., Fan, X., Hou, B., Wang, J., & Chen, X. (2024). Linguistic network in early deaf individuals: A neuroimaging meta-analysis. *NeuroImage*, 299(120720). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2024.120720>