



Universidad de Valparaíso
Facultad de Medicina
Magister en Fonoaudiología mención lenguaje

Cerebelo, Cognición y Lenguaje: Una revisión sistemática

Flga. Cristina Ramírez Bruna
Docente guía: Dra. Flga. Denisse Pérez Herrera
Viña del Mar, Noviembre, 2022.

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Introducción	5
Metodología	8
Diseño de la Investigación	8
Variables de Inclusión y exclusión	8
Cronología de los estudios	8
Población objeto de la investigación	8
Idiomas de los estudios seleccionados	8
Tipos de estudios	8
Métodos de búsqueda	9
Fuentes científicas	9
Otros recursos bibliográficos	9
Estrategias de búsqueda	9
Análisis crítico de los documentos	10
Extracción de datos	10
Valoración del Nivel de Evidencia y Grado de Recomendación ..	10
Resultados	14
Análisis y Discusión de Resultados	37
Conclusiones	57
Referencias	59
Apéndices	
Apéndice A. Tabla Valoración del Nivel de Evidencia y Grado de Recomendación OCEBM (2009)	68
Apéndice B. Tabla Valoración de Sesgo Quadas-2 (2015)	69
Apéndice C. Sintaxis de búsqueda para todas las bases de datos	71
Apéndice D. PRISMA Checklist 2020	73

Resumen

Introducción: En los últimos 30 años, se ha suscitado un interés creciente respecto de cuál es el rol que desempeña el cerebelo en tareas no motoras tales como el procesamiento de la información y la regulación de la conducta humana, ya que existe evidencia de que esta estructura es fundamental en el procesamiento de la memoria de trabajo viso-espacial, memoria de trabajo lingüística, el aprendizaje, la cognición, la afectividad y el lenguaje. Lo anterior asociado a regiones cerebelosas posteriores, en conexiones recíprocas cerebro-cerebelares que complementan la función del rol modulador del cerebelo en una variedad de déficits en actividades no motoras cognitivas y afectivas (Guell et al., 2019). **Objetivo:** Describir la implicancia que posee el cerebelo sobre el funcionamiento cognitivo y el correlato neural de dichas funciones. **Metodología:** La revisión sistemática cualitativa se realizó bajo los criterios y diagrama de flujo establecidos en la declaración PRISMA, considerando estudios de las bases de datos PubMed, ScienceDirect, Scopus y Web of Science, entre los años 2011 y 2021. **Resultados:** La búsqueda arrojó como resultado 38 artículos para su análisis crítico. Los hallazgos reportan que el cerebelo establece conexiones entre los actos motores, los estados de ánimo, la memoria y el lenguaje, entre otros procesos cognitivos. Por lo que de la misma forma en que el cerebelo regula la velocidad, fuerza y ritmo de los movimientos, modula la consistencia y velocidad de los procesos cognitivos, a través de la normalización y corrección de errores y/o codificación de la sorpresa e incongruencias que se presentan durante la realización de procesos mentales complejos como el pensamiento. En cuanto a su distribución funcional el lóbulo anterior regula funciones motoras; el posterior, en su subdivisión postero-superior Crus I/II de los lóbulos VIIa y VIIb funciones cognitivo-comunicativas; en su sección postero-inferior funciones afectivas y el lóbulo floclonodular equilibrio y funciones vestibulares. Igualmente se han descrito múltiples vías de aferencias y eferencias cerebelosas, corticales cerebrales y subcorticales cerebrales como el lóbulo frontal derecho, el hipocampo izquierdo, el giro cingulado derecho y áreas cerebelosas posteriores. **Conclusión:** Se reporta información que permite delimitar el rol del cerebelo respecto de la cognición y el lenguaje, así como también el correlato neural de dichas funciones. Por tanto, el cerebelo emerge como una estructura fundamental en el funcionamiento frente al aumento de la demanda y el manejo de información cognitiva compleja.

Palabras Claves: *cerebelo, lenguaje, cognición*

Abstract

Introduction: In the last 30 years, there has been a growing interest regarding the role that the cerebellum plays in non-motor tasks such as information processing and the regulation of human behavior, therefore this structure plays a fundamental role in the processing of visuospatial and linguistic working memory, learning, cognition, affectivity and language. This associated with posterior cerebellar regions, in reciprocal cerebro-cerebellar connections that complement the function of the modulatory role of the cerebellum in a variety of deficits in cognitive and affective non-motor activities (Guell et al., 2019). **Aim:** To describe the implication that the cerebellum has on cognitive functioning and the neural correlate of these functions. **Methodology:** The qualitative systematic review was carried out under the criteria and flowchart established in the PRISMA statement, considering studies from PubMed, ScienceDirect, Scopus and Web of Science databases, between the years 2011 and 2021. **Results:** The search yielded as a result 38 articles for subsequent critical analysis. The findings report that the cerebellum is involved in the connection between motor acts, moods, memory and language, among other cognitive processes, hence, in the same way that the cerebellum regulates the speed, force and rhythm of movements, it modulates the consistency and speed of cognitive processes, through the normalization and correction of errors and/or coding of surprise and inconsistencies that occur during the performance of complex mental processes such as thought. Regarding its functional distribution, the anterior lobe regulates motor functions, the posterior lobe, in its postero-superior subdivision, in particular the Crus I/II lateral regions of lobes VIIa and VIIb, would be associated with cognitive-communicative functions, in its postero-inferior section affective functions and the flocculonodular lobe balance and vestibular functions. Likewise, multiple cerebellar, cerebral cortical and cerebral subcortical input and output pathways have been described, such as the right frontal lobe, the left hippocampus, the right cingulate gyrus and posterior cerebellar areas. **Conclusion:** Information is reported that allows defining the role of the cerebellum with respect to cognition and language, as well as the neural correlate of these functions. Therefore, the cerebellum emerges as a fundamental structure in increasing cognitive demand and maintaining complex information.

Key words: *Cerebellum, Language, Cognition*

Introducción

A través del tiempo las funciones que primariamente se le han atribuido al cerebelo se encuentran dentro del espectro de la coordinación de funciones sensoriomotoras y equilibrio. No obstante, en las últimas décadas, una gran cantidad de información neuroanatómica, neurofisiológica y estudios clínicos, de manera sostenida, han referido que dicha estructura también posee asociación con la realización de tareas “no motoras”, tales como la cognición, el lenguaje, las emociones y la conducta (Guell et al., 2019). Desde mediados del siglo pasado investigadores han planteado la posibilidad de examinar las asociaciones cerebelosas con las emociones y la cognición, planteando la idea de un “Cerebelo Cognitivo”. La aproximación de que el funcionamiento interno del cerebelo cumple un rol fundamental en el procesamiento de la memoria de trabajo viso-espacial y lingüística dio lugar a ideas tales como que el fraccionamiento de la memoria de trabajo visoespacial en secuencias causa-efecto y la coordinación del análisis de patrones de sonido (buffer fonológico) son partes fundamentales de los procesos involucrados en el almacenamiento y recuperación inmediatos de información y son mediadas por esta estructura. Así mismo, esta estructura en sus áreas de desarrollo filogenético más recientes (neocerebelo lateral) se relacionan con la regulación de la memoria de trabajo, el aprendizaje, la cognición y el lenguaje (Leiner en Marien, 2014b).

La premisa inicial planteada en la literatura que llevó a considerar la presencia de trastornos cognitivos asociados al cerebelo fue la observación de una especie de “silencio de activación” del lóbulo cerebeloso posterior en casos de personas con manifestaciones clínicas de síndromes motores y cognitivos, registrándose datos desde 1830, sobre los alcances que podría tener para la cognición afectaciones de esta estructura y el reporte de casos asociados a manifestaciones afásicas atribuibles igualmente a compromiso de esta región del sistema nervioso central (Schmahmann, 2010). Con el paso de los años estudios clínicos y de neuroimagen funcional avanzaron en la noción de que regiones cerebelosas derechas posteriores están involucradas en tareas no verbales, en conexiones reciprocas cerebro-cerebelares con el hemisferio dominante para el lenguaje y diversos hallazgos topográficos complementan esta apreciación respecto del rol modulador del cerebelo posterolateral derecho en una variedad de déficits en actividades no motoras cognitivas y afectivas (Guell et al., 2019).

Por otra parte, Shalman y Sherman describieron que tras un daño cerebeloso se puede presentar un síndrome por afectación cognitiva y afectiva al que denominaron “Síndrome Cerebelar Cognitivo Afectivo de Schmahmann’s” (CCAS/Schmahmann’s). Este se caracteriza por el padecimiento de una serie de síntomas asociados a cuatro áreas: disfunciones ejecutivas, dificultades visoespaciales, trastornos conductuales y alteraciones del lenguaje tales como agramatismos, anomia y afasia (Mariën, 2014a). Siendo una afección que se encuentra configurada, aun así no se reconoce del todo como entidad diagnóstica luego de ya transcurridos más de 20 años de su descripción (Ahmadian et al., 2019) o casos de personas con trastornos afásicos con lesiones aisladas de dicha región, tal como ocurre en la Afasia Cerebelosa Inducida. Dicho trastorno del lenguaje se caracteriza por una disociación entre la producción de lenguaje espontáneo y elicitado, dificultades significativas para la iniciación de la emisión y una formulación de ideas dificultosa y con múltiples intentos a lo que se agrega anomia, agramatismos y dificultades significativas para la lectura y la escritura (Mariën et al., 2014b) u otros cuadros como el síndrome CMS o Síndrome de Mutismo Cerebeloso (Wibro, 2018).

Es por esto que surgen interrogantes sobre la cantidad y nivel de evidencia, así como también sobre el avance en la investigación disponible para responderlas y finalmente poder aseverar con certeza ¿Cuál es el rol que cumple el cerebelo en el funcionamiento cognitivo y lingüístico de los seres humanos? y si es que ¿Es suficiente la evidencia científica para describir el rol que cumple el cerebelo en el funcionamiento cognitivo y lingüístico de los seres humanos?. Para la configuración de estas se tomaron las indicaciones entregadas en el formato SPIDER. (Cooke, Smith & Booth, 2012), para así igualmente definir el área clínica a la cual responderá la presente revisión. El análisis SPIDER recoge las siguientes características:

S. (Muestra “sample”) Personas de género femenino y masculino de 18 o más años de edad.

PI. (Fenómeno de interés “Phenomenon of interest”) Estudios en que se reporte sobre el funcionamiento del cerebelo en individuos sanos o con condiciones de salud de instauración única que impliquen compromiso funcional cerebeloso.

D. (Diseño “design”) cualquier diseño cualitativo que incluya datos sobre funcionamiento cerebeloso, entre los años 2011 y 2021

E. (Evaluación “evaluation”) Cognición – Lenguaje – Sustrato neuroanatómico y funcional cerebeloso.

R. (Tipo de estudio “research type”) Estudios de Casos y Controles - Cohorte - Transversal - Longitudinal – Ensayos clínicos controlados (RCT) - Experimental – Cuasiexperimental.

Es así que se determina que el área clínica en la que se centrará la recopilación de información, es “Etiología”, debido a que la búsqueda de información para describir las diferentes funciones cognitivas y lingüísticas que en la actualidad se han asociado a un sustrato anatómico cerebeloso, así como también indagar sobre las regiones dentro de esta estructura a las que pueden asociarse dichas funciones. Lo anterior con la finalidad de responder al alcance de esta revisión el cual es caracterizar las funciones cognitivas y lingüísticas que se asocian a regulación cerebelosas así como su correlato neuroanatómico y la correspondiente descripción de cada uno de estos componentes. La metodología empleada para dar cumplimiento al propósito consiste en una revisión sistemática de la literatura científica bajo determinados criterios de inclusión y exclusión, que incluya estudios publicados entre los años 2011 y 2021 los cuales abordan la observación funcional y anatómica cerebelosa. Esta propuesta se ciñe a los parámetros establecidos por la declaración PRISMA (Page et al., 2021), presentando un procedimiento sistemático que asegura la calidad en los datos reportados, puesto que contar con una revisión científica de este tipo puede abrir una puerta de interés a esta temática poco desarrollada en el campo de investigación de las ciencias de la salud y en particular para la Fonoaudiología.

Metodología

En el siguiente apartado se consigna la metodología empleada para llevar a cabo la búsqueda de artículos científicos que permitan responder a la pregunta que motiva esta investigación y cumplir los respectivos objetivos planteados en cuanto a describir los alcances de una estructura como el cerebelo en cuanto a funcionamiento cognitivo, lingüístico y el correlato anatómico de dichas funciones. Para lo cual se utilizará el formato SPIDER (Cooke, A., Smith, D., & Booth, A. (2012). para la formulación de la pregunta de investigación y las indicaciones de la declaración PRISMA (Page et al., 2021) en cuanto a la lista de verificación de 27 ítems para identificar los estudios que cumplen con los criterios reseñados a continuación y completar la presente investigación.

Diseño de Investigación: La investigación realizada se corresponde con una revisión sistemática de la literatura cualitativa "descriptiva" (RS)

Variables de Inclusión y Exclusión: Los artículos seleccionados se filtraron en una primera instancia por título, resumen y luego lectura de texto completo para observar si es que cumplen con los siguientes criterios de elección:

Cronología de los estudios seleccionados: Se incluyeron investigaciones primarias llevadas a cabo entre los años 2011 y 2021.

Población objeto de la investigación: Estudios que consideren a personas de género femenino y masculino, de 18 años o más en los cuales se entregue información sobre funciones cognitivas, lingüísticas y el correlato neuroanatómico cerebeloso de dichas funciones en sujetos sanos o con lesión de origen adquirido (Infartos y Tumores cerebelosos). Igualmente se incluyeron estudios con grupos de personas sin diferenciación en cuanto a etnicidad y bilingüismo. Se excluyeron estudios en que los participantes tuvieran diagnósticos de enfermedades neurodegenerativas y psiquiátricas.

Idiomas de los estudios seleccionados: Se considerarán estudios publicados en español e inglés.

Tipos de estudios: Estudios de Casos y Controles - Cohorte - Transversal - Longitudinal – Ensayos clínicos controlados (RCT) - Diseño Experimental – Diseño Cuasiexperimental que incorporen evaluación neuropsicológica y/o de neuroimagen estructural y funcional. Se excluyeron artículos que realicen reportes de casos únicos, revisiones, documentos editoriales y estudios con animales.

Palabras claves: cerebellum, cognition, language, cerebelo, cognición, lenguaje

Métodos de Búsqueda

Fuentes científicas: Se seleccionaron cuatro bases de datos científicas con la finalidad de recolectar información en estudios que se ajusten a las características y criterios reseñados previamente. Las fuentes utilizadas fueron PUB MED, Science Direct, Web of Science y SCOPUS durante los meses de Agosto a Octubre del años 2021, considerándose sólo investigaciones primarias que se ajustaron a las variables de inclusión y exclusión.

Se incluyeron en la búsqueda documentos con soporte escrito, particularmente publicaciones de investigaciones primarias que cuenten con acceso liberado para la obtención del artículo completo. Se excluyen investigaciones secundarias y documentos referentes a síntesis de conferencias, simposio, jornadas, presentaciones en congresos o seminarios. El proceso realizado para la selección de los artículos revisados se encuentra en el flujograma (Tabla 1) en la cual se recoge el filtro aplicado en cuanto a palabras claves, revisión de título, lectura de abstract/resumen y finalmente la observación de los escritos completos.

Otros Recursos de Información: Se complementó la investigación con la búsqueda en fuentes de literatura “gris”, dentro de las cuales se consideró la base de datos IBECS (Índice bibliográfico español en ciencias de la salud), base de datos para revistas científico sanitarias editadas en España. La Base Dissertation Abstracts ProQuest Microfilm, base de datos de tesis doctorales de Estados Unidos y Canadá y los Repositorio académico de la Universidad de Chile y Universidad Andrés Bello, los cuales contiene tesis de pregrado y postgrado realizadas en dichas casas de estudios. El procedimiento de selección se detalla en el flujograma (Tabla 2)

Estrategia de búsqueda. Respecto de la búsqueda bibliográfica, se utilizó las bases de datos electrónicas PubMed, ScienceDirect, Scopus y Web of Science. Generándose la sintaxis general de búsqueda mediante términos MeSH “Medical Subjects Headings” y DeCS “Descriptores de Ciencias de la Salud” el operador booleano «AND» y las palabras claves ya descritas, para ceñirse a una selección más precisa y operativa resultando está en la siguiente configuración: [cerebellum] AND [cognition] AND [language] en inglés y [cerebelo] AND [cognición] AND [lenguaje] en español. Esto, adaptado a cada base de datos.

Análisis crítico de los documentos

Selección de los estudios. Luego de la búsqueda con la sintaxis desarrollada en las distintas bases de datos se realizó un primer filtro por medio de la lectura de títulos, en segunda instancia por la lectura de Abstract/resúmenes para finalizar realizando la lectura de los artículos seleccionados a texto completo y eliminar los duplicados. En cada etapa se registró el número de investigaciones que pasaron el filtro en el Flujograma tabla 1 y el Flujograma tabla 2.

Extracción de datos

Inicialmente con el objetivo de eliminar artículos duplicados, se importó los estudios al software Mendeley versión 1.19.4. Posteriormente, un revisor aplicó los criterios de inclusión/exclusión a todos los títulos y resúmenes. Consecuentemente, se seleccionaron aquellos artículos que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos; siendo recuperados los documentos a texto completo cuando las decisiones no se pudieron tomar a partir del título y el resumen. No obstante, un segundo investigador G.G.P. confirmó la selección para evitar discrepancias.

Valoración del Nivel de Evidencia y Grado de Recomendación

Para valorar el Nivel de Evidencia (NE) y Grado de Recomendación (GR) de los estudios seleccionados se siguió las indicaciones propuestas por el OCEBM (2009) del Centro para la Medicina basada en Evidencia de Oxford (Manterola C., 2014), la cual jerarquiza la evidencia en niveles que van del 1 al 5, siendo el NE 1 la “mejor evidencia”

y el NE 5, la “evidencia menos buena”. Así el grado de recomendación (GR) se realiza considerando estos NE que se agrupan en base a 4 GR, donde un GR A implica que los resultados de los estudios analizados tienen un NE 1 (resultados apoyados por estudios con mayor evidencia) y los que se encuentran en el GR D tiene un NE 5 (resultados asociados a opiniones de expertos, sin evaluación crítica basada en una investigación teórica). Para el análisis se consideró el segmento para valorar investigaciones sobre Terapia, Prevención, Etiología y Daño, puesto que es el tipo de estudios al que corresponden los seleccionados para esta revisión.

Limitaciones: En lo que respecta a controlar las limitaciones por sesgo que pueden presentarse en la realización de una revisión sistemática se tomaron las siguientes precauciones en consideración a lo planteado por Manterola (2015):

- Sesgo de publicación: Se realizó una búsqueda de literatura gris para complementar la realizada en bases de datos con la finalidad de localizar información respecto del tema en estudio que pudiera estar publicada en otras fuentes de información.
- Sesgo de selección: El tamizaje se apegó estrictamente a los criterios de selección consignados. Junto a esto se recurrió a una revisión por parte de un segundo revisor para chequear el que los artículos elegidos se ajusten a los filtros dispuestos.
- Sesgo del observador: Se le solicitó a una persona externa a la investigación replicar la búsqueda de forma independiente en las bases de datos consignadas utilizando los términos MeSH determinados para la presente investigación.

En lo que respecta al sesgo propio que pueden registrar los estudios seleccionados para el análisis se empleará el instrumento QUADAS-2 (Whitting et al., 2011), este proporciona una evaluación de la calidad de estudios primarios de precisión diagnóstica. Considera cuatro dominios clave: la selección de pacientes, la prueba índice, la prueba de referencia y finalmente, el flujo de los pacientes a través del estudio y los momentos de realización de la prueba índice y la de referencia (flujo y tiempos) y preguntas orientadoras para facilitar la valoración de los aspectos considerados en estudios de diseños primarios.

Tabla 1.

Flujograma de búsqueda investigaciones primarias

Base de datos →	PUBMED	SCOPUS	Web of Science	Science direct	Total	Fundamentos de la eliminación del artículo
Artículos filtrados por Palabra clave	418	325	169	615	1527	↓
Artículos filtrados por Título	86	76	48	10	220	De los 1527 artículos identificados mediante palabras clave, se seleccionaron 220 y 1307 fueron excluidos porque sus títulos no revelaron coincidencias con el alcance de la investigación.
Artículos filtrados por lectura de Resumen	41	25	15	7	88	De los 220 artículos seleccionados para el filtrado por resumen, 88 se seleccionaron y 126 fueron eliminados por no asociarse a los criterios de inclusión delimitados.
Artículos Filtrados por criterios de inclusión	35	21	14	6	77	De las 88 investigaciones filtradas se eliminaron 33 títulos por encontrarse replicados en las bases de datos y 19 por no cumplir con los criterios de inclusión, por lo que finalmente se seleccionaron 38 para revisión y análisis.
Artículos seleccionados para revisión y análisis.				38		

Tabla 2.

Flujograma de búsqueda investigaciones en fuentes de “literatura gris”

Base de datos →	ProQuest	IBECS	Repositorio UCH	Repositorio UNAB	Total	Fundamentos de la eliminación del artículo
Artículos filtrados por Palabra clave	209	3	28	6	246	↓
Artículos filtrados por Título	0	1	0	0	1	De los 246 artículos identificados mediante palabras clave, 1 es seleccionado y 245 desechados porque sus títulos no revelaron coincidencias con el alcance de la investigación.
Artículos filtrados por lectura de Resumen	0	0	0	0	0	En lo que respecta al filtrado por lectura de abstract se elimina el único documento restante, puesto que no guarda relación con los criterios de inclusión de este estudio.
Artículos Filtrados por criterios de inclusión	0	0	0	0	0	Ningún documento llega a esta fase del proceso de filtrado.
Artículos seleccionados para revisión y análisis.				0		

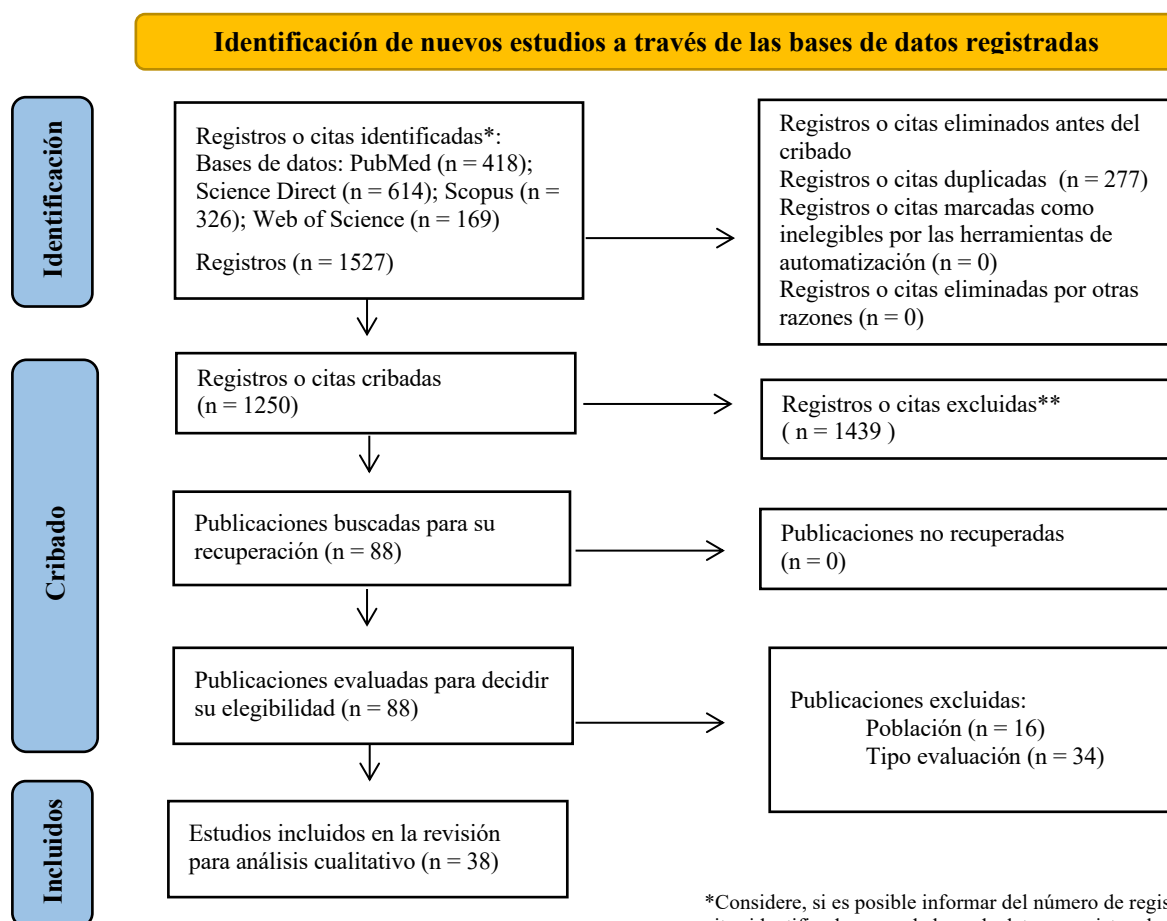
Nota: ProQuest (Base Dissertation Abstracts ProQuest Microfilm); IBECS (Índice bibliográfico español en ciencias de la salud); Repositorio UCH (Repositorio Académico de la Universidad de Chile); Repositorio UNAB (Repositorio Institucional Académico Universidad Andrés Bello)

Resultados

El proceso paso a paso de selección de artículos se ilustra en el diagrama de flujo establecido por la declaración PRISMA (Figura 1). En total, se identificaron títulos y resúmenes de 1527 artículos, de los cuales 227 fueron descartados por ser duplicados. Posteriormente, al aplicar los criterios de inclusión y exclusión, 1439 artículos fueron descartados; 981 de ellos fueron excluidos por el criterio de tipo de estudio, 311 por tipo de población, y 5 por tipo de idioma. De los 1.255 artículos seleccionados, 54 fueron excluidos por criterios de inclusión/exclusión, quedando 88 artículos evaluados a texto completo para su elegibilidad. De los 50 artículos excluidos, 16 estudios fueron descartados por el criterio de población y 34 estudios por criterio de tipo de evaluación. Finalmente, 38 artículos fueron incluidos en esta revisión sistemática cualitativa para su análisis exhaustivo (Tabla 3).

Figura 1.

Flujograma resumen selección de estudios (PRISMA, 2020)



*Considere, si es posible informar del número de registros o citas identificadas en cada base de datos o registros buscados (en lugar del número total a través de todas las bases de datos/registros).

**Si se usaron herramientas de automatización, indique cuántos registros fueron excluidos por un humano y cuántos fueron excluidos por las herramientas de automatización

Tabla 3.
Resumen Selección Investigaciones Primarias

	Título	Autores	Año	País	Tipo investigación	Población	Instrumentos evaluación	Objetivo investigación	Resultados
1	Right cerebral motor areas that support accurate speech production following damage to cerebellar speech areas	Geva S., Schneider L., Roberts S., Khan S., Gajardo-Vidal A., Lorca-Puls D., PLORAS team, Hope T., Green D., Price C.	2021	Reino Unido Austria Chile	Artículo Original Transversal	41 sujetos, con lesión cerebelosa focal, controles con lesión cerebelosa y controles sanos (edad media por grupos 58, 56, 44 años)	fMRI CAT ABA	Comprender cuáles son los sistemas neuronales que respaldan la producción de habla luego de padecer daño en regiones cerebelosas que regulan la producción de habla.	Pacientes con daño en regiones cerebelosas para la producción de habla tienen mayor activación en la corteza premotora dorsal y el área motora suplementaria der. en comparación con controles sin lesión desempeñando un papel plausible en la compensación funcional del daño en las regiones de producción del habla cerebelosas y no cerebelosas.
2	Differential Behavioral and Neural Effects of Regional Cerebellar tDCS	Rice L., D'Mello A., Stoodley C.	2021	Estados Unidos	Artículo Original Transversal	43 sujetos sanos (edad media 23.3 años)	MRI tDCS EHI Tarea Cognitiva (lenguaje)	Determinar si la neuro modulación de regiones cerebelosas afecta de manera diferencial el rendimiento conductual. Observar si regiones corticales cerebrales son moduladas al realizar tDCS en regiones	La realización de tDCS en regiones sensoriomotoras y cognitivas del cerebelo impacta en el desempeño de tareas conductuales y patrones de activación funcional en adultos sanos. Estimulación en el cerebelo posterolateral derecho mejoró la capacidad de completar oraciones y aumentó la activación de regiones asociadas a la tarea. Estimulación en regiones sensoriomotoras, no tuvo efectos en el desempeño de

								cerebelosas con funciones sensoriomotoras y cognitivas.	la tarea o mayor participación de áreas corticales del lenguaje. El cerebelo modula el desempeño de tareas a través de redes cerebro-cerebelosas específicas.
3	The posterior cerebellum and inconsistent trait implications when learning the sequence of actions	Pu M., Ma Q., Heleven E., Patemoshela N., Van Overwalle F.	2021	Bélgica	Artículo Original Transversal	26 sujetos sanos (edad media 23 años)	fMRI EHI Tarea Cognitiva (Set de 6 oraciones relacionadas con acciones sociales)	Evaluar como el cerebelo posterior genera modelos de predicción interna y su contribución al aprendizaje de secuencias temporales y la detección de acciones que violan rasgos (error de predicción).	Se observó activación cerebelosa posterior al memorizar secuencias de acciones, con rasgos consistentes e inconsistentes. La corteza prefrontal medial y el cerebelo posterior se asocian a la recuperación de información en secuencias. El cerebelo posterior identifica y predice el orden temporal de acciones.
4	Cerebellum and semantic memory: A TMS study using the DRM paradigm	Gatti D., Vecchi T., Mazzoni G.	2021	Italia Reino Unido	Artículo Original Transversal	24 sujetos sanos (edad media 22.7 años)	TMS Tarea cognitiva bajo paradigma DRM (Recuerdo de listas de palabras)	Examinar la participación del cerebelo en tareas de memoria semántica.	La TMS cerebelosa afecta selectivamente la discriminación para estímulos críticos sin afectar la producción de palabras no relacionadas. Cuanto mayor es la asociación semántica entre palabras, mayor es el deterioro de memoria. El cerebelo der. está involucrado causalmente en la memoria semántica y en la realización de funciones predictivas.

5	The Social Cerebellum: A Large-Scale Investigation of Functional and Structural Specificity and Connectivity	Metoki A., Wang Y., Olson I.	2021	Estados Unidos China	Artículo Original Transversal	671 sujetos sanos (proyecto HCP) (edad media 28,8 años)	fMRI EHI Tarea Cognitiva (cognición social, somato-sensorial, motora visual, apuestas, memoria de trabajo/control cognitivo, procesamiento del lenguaje (fonológico y semántico) y procesamiento emocional)	Dilucidar el papel estructural y funcional del cerebelo en la mentalización.	Se registraron diferencias hemisféricas cerebelosas en la conectividad cerebelo - cerebral. El cerebelo está organizado en dominios, posee una lateralización estructural izq., con conexiones efectivas hacia áreas cerebrales der. para la mentalización configurándose una red cerebelo-tálamo-cortical con fibras de asociación cortico-ponto-cerebelosas desde y hacia el cerebelo izq. Regiones cerebelosas posteriores son clave en la mentalización.
6	How social is the cerebellum? Exploring the effects of cerebellar transcranial direct current stimulation on the prediction of social and physical events	Oldrati V., Ferrari E., Butti N., Cattaneo Z., Borgatti R., Urgesi C., Finisguerra A.	2021	Italia	Artículo Original Transversal	24 sujetos sanos (edad media 22.5 años)	ctDCS EIH Tarea cognitiva (Predicción social, acción-predicción; predicción no social, predicción de formas de objetos)	Evaluar la participación del cerebelo en el uso de expectativas contextuales para interpretar escenarios sensoriales ambiguos para acciones sociales y eventos físicos.	La estimulación ctDCS afecta la sensibilidad para predecir acciones integradas en contextos informativos fuertes, pero no moderados. La estimulación anódica aumenta la predicción de acciones incrustadas en contextos informativos moderados, pero no fuertes. En la predicción de la forma no se observan efectos de la estimulación. El cerebelo participa en la formación de expectativas relacionadas con eventos sociales.

7	Mapping the Cerebellar Cognitive Affective Syndrome in Patients with Chronic Cerebellar Strokes	Chirino -Pérez A., Marrufo - Meléndez O., Muñoz-López J., Hernández-Castillo C., Ramírez-García G., Díaz R., Núñez-Orozco L., Fernández-Ruiz J.	2021	México	Artículo Original Prospectivo	44 sujetos, con lesión vascular cerebelosa izquierdo, derecha y bilateral y controles (edad media 47 años)	MRI CCAS-S MoCA Tarea Articulación de habla Screenning Neuropsiquiátrico Batería cognitiva (fluencia semántica, fonológica, categorización, memoria verbal, Span de Dígitos, dibujo de un cubo, similitudes, go no go)	Contrastar la utilidad del CCAS-S y el MoCA para evaluar alteraciones cognitivas/ afectivas en pacientes con lesiones cerebelosas adquiridas crónicas. Mapear las áreas cerebelosas cuyas lesiones correlacionan con disfunciones en evaluación clínica.	En MoCA y CCAS-S se observó un rendimiento adecuado para discriminar entre pacientes y controles. Sólo las deficiencias observadas por el CCAS-S tuvieron una asociación significativa con una localización cerebelosa. Los pacientes con lesiones cerebelosas crónicas posterolaterales derivaron manifestaciones inherentes al CCAS. Los hallazgos se asocian con la dicotomía cerebelo anterior-sensoriomotor/ posterior-cognitivo y revelan regiones intralobulares y translobulares (del lóbulo deriv. VI, VII, Crus I-II) asociadas al CCAS.
8	Cerebellar Theta and Beta Noninvasive Stimulation Rhythms Differentially Influence Episodic Memory versus Semantic Prediction	Dave S., Van Haerents S., Voss J.	2020	Estados Unidos	Artículo Original Transversal	24 sujetos sanos (edad media 25.3 años)	TMS MRI EEG Tarea cognitiva (lectura de oraciones y palabras)	Explorar si es posible alternar la participación del cerebelo en la memoria episódica con la predicción semántica.	La estimulación cerebelosa mejoró la codificación de la memoria episódica, pero no influyó en las señales neuronales de predicción semántica, mientras que la estimulación en la misma ubicación cerebelosa aumentó las señales neuronales de predicción semántica, pero no influyó en la codificación de la memoria episódica. Lo que evidencia una doble disociación de las

									contribuciones del cerebelo a la predicción semántica frente a la memoria episódica.
9	Evidence for Hierarchical Cognitive Control in the Human Cerebellum	D'Mello A., Gabrieli J., Nee D.	2020	Estados Unidos	Artículo Original Transversal	47 sujetos sanos (edad media 20 años)	fMRI EHI Tarea cognitiva (visoespacial y lenguaje)	Explorar si un marco de procesamiento jerárquico aplicado al cerebelo podría dilucidar sus contribuciones al control cognitivo.	El cerebelo posterior se organiza a través de un gradiente de abstracción temporal. Distintas áreas del cerebelo respaldan el control cognitivo actual y posterior, así como también interactúan jerárquicamente. La jerarquía de control no está totalmente impulsada por señales prefrontales, el cerebelo está implicado en dicho proceso.
10	Prospective investigation of cerebellar cognitive affective syndrome in a previously non-demented population of acute cerebellar stroke	Taskiran-Sag A., Uzuncakmak Uyanik H., Ahmet Uyanik S., Oztekin N.	2020	Turquía	Artículo original prospectivo (cohorte)	27 sujetos, con infartos cerebeloso aislado y controles (edad media 52 años)	MRI BDI MMSE TDR ECR Serie Motora de Luria SCL-R-90	Investigar la presencia y evolución del CCA en una cohorte de personas con infartos cerebelosos aislados.	La prevalencia de anomalías cognitivas y conductuales-afectivas fue del 86% y 64% respectivamente. Los pacientes presentaron anomalías afectivo-conductuales leves y transitorias, pero los síntomas depresivos persisten en la etapa subaguda. Las puntuaciones más bajas en MMSE fueron en memoria, funciones ejecutivas, atención, memoria de trabajo, velocidad de

									procesamiento central y habilidades lingüísticas. El deterioro cognitivo es más probable con infarto medial y/o posterolateral, no obstante, las anomalías afectivas y conductuales no se asociaron con una ubicación específica.
11	A causal role for the cerebellum in semantic integration: a transcranial magnetic stimulation study	Gatti D., Van Vugt F., Vecchi T.	2020	Canadá Italia	Artículo Original Transversal	65 sujetos sanos (edad media 23 años)	TMS Tarea cognitiva (Tarea de generación de letras al azar de Price (2010))	Observar si el cerebelo está involucrado en la integración de la memoria semántica.	La TMS cerebelar causa una disminución en la precisión para juzgar pares de palabras relacionadas, mientras que la precisión para estímulos no relacionados no se afecta. En tareas de comparación de pares de letras no se observó ningún efecto. El cerebelo der. está involucrado en el procesamiento de estímulos relacionados léxica y semánticamente. El cerebelo cumple una función unificadora entre lo motor y no motor y está involucrado en la memoria y predicción cognitiva.
12	Cerebellar contribution to emotional body language perception: a TMS study	Ferrari C., Ciricugno A., Urgesi C., Cattaneo Z.	2019	Italia	Artículo Original Transversal	20 sujetos sanos (edad media 23.3 años)	TMS Tarea cognitiva (Set de estímulos emocionales de Bochum (Thoma et al., 2013))	Observar si el cerebelo se activa en la expresión postural y motora corporal de emociones y si hay	La TMS sobre el cerebelo afectó la capacidad para discriminar posturas corporales emocionales, pero sólo cuando la emoción fue con una valencia negativa (la ira). El cerebelo izq. (Crus I/II) está involucrado en el

								diferencias para emociones positivas y negativas.	procesamiento del contenido emocional negativo transmitido por las posturas y los gestos corporales.
13	Sensorimotor, language, and working memory representation within the human cerebellum	Ashida R., Cerminara N., Edwards R., Apps R., Brooks J.	2019	Reino Unido	Artículo Original Transversal	20 sujetos sanos (edad media 27.5 años)	fMRI WAIS-IV GPT EHI Tarea Cognitiva (Motora-Sensorial-lenguaje/habla-Memoria de Trabajo Visual/Tarea de Sternberg)	Observar si la organización somatotópica para inputs sensoriales y motores reside en las mismas áreas corticales cerebelosas.	Se observó una relación entre la carga y la actividad de la memoria de trabajo verbal en el lóbulo VI derecho, que se extendió hacia Crus I bilat. En movimientos de habla hay activación bilat en el lóbulo cerebelar medial VI. La generación de verbos se asocia con VI - Crus I der. El cerebelo posee una función integradora.
14	Altered baseline activity and connectivity associated with cognitive impairment following acute cerebellar infarction: A resting-state fMRI study	Fan L., Hu J., Ma W., Wang D., Yao Q., Shi J.	2019	China	Artículo Original Transversal	101 sujetos con, infarto cerebelar derecho aislado, infarto cerebelar izquierdo aislado y controles (edad media 60.4 años)	fMRI ICARS MMSE MoCA RAVLT TVDB TMT-A TMT-B	Investigar los cambios de la función cerebral y cognitiva en pacientes con infarto agudo cerebelar posterior.	Las disfunciones en redes cerebro-cerebelares se asocian con alteraciones en la interacción entre regiones corticales tales como el lóbulo frontal der., el hipocampo izq., el giro cingulado der. y áreas cerebelosas posteriores. En particular afectación del hipocampo izq. y el cingulado der. juegan un rol fundamental en las alteraciones cognitivas.
15	Topological disruption of structural brain networks in patients with	Wang D., Yao Q., Yu M., Xiao C., Fan L., Lin X.,	2019	China	Artículo Original Transversal	61 sujetos, con infarto cerebeloso derecho, izquierdo,	MRI MMSE RAVLT TDR	Explorar los cambios en la función cognitiva y redes	Se observó deterioro cognitivo posterior a infarto que involucra múltiples dominios cognitivos (memoria,

	cognitive impairment following cerebellar infarction	Zhu D., Tian M., Shi J.				bilateral y controles sanos (edad media 61 años)	TMT VFT TVDB HAMD BBS ICARS	cerebrales estructurales en pacientes con infarto cerebeloso posterior.	funciones ejecutivas, habilidades visuoespaciales, velocidad de procesamiento y lenguaje). Medidas de eficiencia local en el precúneo, circunvolución del cíngulo y corteza frontotemporal, se redujeron en infartos de regiones cerebelosas posteriores. Alteraciones en el giro temporal inferior der., giro cingulado y paracingulado medial bilateral, precúneo derecho desempeñan un papel central en el deterioro cognitivo por infartos cerebelosos.
16	Functional MRI activation patterns of cerebellum in patients with epilepsy and brain tumors	Zacharia T., Eslinger P.	2019	Estados Unidos	Artículo Original Observacional Transversal	51 sujetos, con tumor cerebral y pérdida memoria corto plazo, epilepsia y pérdida de memoria corto plazo y sin pérdida de memoria corto plazo (Edad no reportada)	MRI EHI MoCA Test Tarea Cognitiva (procesamiento sensoriomotor, lenguaje, N-back task, función visual y auditiva)	Analizar las funciones cognitivas, emocionales y sociales del cerebelo en pacientes con tumores cerebrales y epilepsia utilizando imágenes de resonancia magnética funcional.	La previsibilidad de las palabras presentadas visualmente moduló la respuesta en el cerebelo posterior (Crus I/II). El cerebelo cumple un rol en el procesamiento predictivo del lenguaje y la noción de modelos internos motores puede extenderse al dominio del lenguaje. El cerebelo cumple un rol generalizado en la codificación de modelos internos para tareas motoras y no motoras.

17	Triple representation of language, working memory, social and emotion processing in the cerebellum: convergent evidence from task and seed-based resting-state fMRI analyses in a single large cohort	Guell X., Gabrieli J., Schmahmann J.	2018	Estados Unidos España	Artículo Original Transversal	787 sujetos sanos (parejas de gemelos monocigóticos, datos proyecto HCP) (edad media 30 años)	fMRI EHI Tarea Cognitiva (Movimientos, historias, matemáticas, TOM, coincidencia, caras, formas)	Explorar la topografía funcional del cerebelo para funciones cognitivas y motoras.	El cerebelo posee una triple representación para el procesamiento de tareas no motoras tales como la memoria de trabajo, el lenguaje, la socialización y la afectividad; separadas para estos cuatro dominios cognitivos y afectivos. Las activaciones basadas en tareas y las correspondientes correlaciones de red en reposo fueron congruentes en la identificación de representaciones motoras y no motoras.
18	The posterior Cerebellum is involved in constructing Social Action Sequences: An fMRI Study	Heleven E., Van Dun K., Van Overwalle F.	2018	Bélgica	Artículo Original Transversal	73 sujetos sanos (edad media 23 años)	fMRI AQ Tarea cognitiva (secuenciación de historias; secuenciación de imágenes)	Observar si la función social del cerebelo posterior difiere de la corteza cerebral Observar si secuenciar acciones novedosas de falsa creencia depende de la activación de regiones del cerebelo posterior.	Se observa una fuerte activación cerebelosa durante la generación de órdenes para eventos. Los eventos sociales nuevos que involucran creencias verdaderas o falsas exhiben mayor activación cerebelosa posterior bilat. (Crus 1 y Crus 2) en comparación con eventos sociales y no sociales rutinarios. El cerebelo posterior cumple un rol crítico en la comprensión y construcción del orden correcto de las secuencias de acción relevantes para la comprensión social.

19	Prominent Changes in Cerebro-Cerebellar Functional Connectivity During Continuous Cognitive Processing	Castellazzi G., Bruno SD., Toosy AT., Casiraghi L., Palesi F., Savini G., D'Angelo E. and Wheeler-Kingshott C.A.M.G.	2018	Reino Unido Italia	Artículo Original Transversal	22 sujetos sanos (edad media 27.68 años)	fMRI rs-MRI EHI Tarea Cognitiva (Historia "Scuola DI Magia")	Observar la participación de bucles cerebro - cerebelosos que conectan el cerebelo posterior con cortezas asociativas a través de la estimación de los cambios en la conectividad funcional de las redes en estado de reposo	Los 15 RSN identificadas exhibieron cambios en la conectividad funcional durante y minutos después de escuchar una historia. Los cambios ocurrieron principalmente en cortezas frontal, prefrontal y cerebelosas posteriores, especialmente en Crus I-II y lóbulo VI. Los cambios en CF ocurrieron en grupos cerebelosos pertenecientes a diferentes RSN, incluida la red cerebelosa CBLN, redes sensoriales (visual lateral; visual) y redes cognitivas (predeterminadas y control ejecutivo), de atención ventral izq. y der., de prominencia, lenguaje y memoria de trabajo.
20	Topographic Cortico-cerebellar Networks Revealed by Visual Attention and Working Memory	Brissenden J., Tobyne S., Osher D., Levin E., Halko M., Somers D.	2018	Estados Unidos	Artículo Original Transversal	19 sujetos sanos (edad media 31 años)	fMRI ETM Tarea cognitiva (Memoria de trabajo visual. Atención Visual)	Realizar un mapeo funcional de la organización topográfica de la atención visuoespacial y la memoria de trabajo en el cerebelo.	Los lóbulos cerebelosos VIIb/VIIIa espejan la organización de las cortezas parietales. El lóbulo dorsomedial VIIb/VIIIa es reclutado en tareas de memoria de trabajo visual. La conectividad funcional revela una topografía a escala de las redes cortico-cerebelosas. El reclutamiento para funciones atencionales

									visuoespaciales de las regiones VIIb/VIIIa es altamente específico. La disposición topográfica de estas funciones se refleja en la corteza frontal y parietal cerebral.
21	Right Lateral Cerebellum Represents Linguistic Predictability	Lesage E., Hansen P., Miall C.	2017	Reino Unido Bélgica	Artículo Original Transversal	18 sujetos sanos (edad media 21 años)	fMRI Tarea cognitiva (Tarea de predicción, Lectura de oraciones; Tareas de localización fonológica, ortográfica y memoria semántica)	Observar si el cerebelo derecho Crus I/II respalda la predicción de contenido en oraciones próximas.	La actividad en el cerebelo posterolateral der. se correlaciona con la capacidad de previsualizar una palabra objetivo o la próxima. Dicha región también registra actividad al predecir errores. Esta región se dedica al procesamiento fonológico, pero no al semántico ni ortográfico. Existe participación del cerebelo en la predicción lingüística y el modelado interno de representaciones fonológicas ayuda a la producción y comprensión del lenguaje.
22	Distinct Cerebellar Contributions to Cognitive-Perceptual Dynamics During Natural Viewing	Nguyen T., Sonkusare S., Stadler J., Hu X., Breakspear M., Cong Guo C.	2017	Australia China	Artículo Original Transversal	17 sujetos (edad media 27+/- años)	fMRI EHI Tarea Cognitiva (película 20 min. duración “The Butterfly Circus”)	Examinar el rol perceptual y cognitivo del cerebelo a través de un paradigma dinámico de visualización de películas.	Regiones del cerebelo posterior e inferior participan en procesos perceptivos y afectivos dinámicos sin un componente motor explícito. Las distintas subdivisiones funcionales del cerebelo están fuertemente involucradas en procesos cognitivos de la vida real,

									desempeñando roles específicos a través de una interacción dinámica con regiones de orden superior en la corteza cerebral.
23	Cerebellar Cathodal Transcranial Direct Stimulation and Performance on a Verb Generation Task: A Replication Study	Spielmann K., Van der Vliet R., Van de Sandt-Koendermann W., Frens M., Ribbers G., Selles R., Van Vugt S., Van der Geest J., Holland P.	2017	Países Bajos Israel	Artículo original Transversal	24 sujetos sanos (18 mujeres, 6 hombres; edad media 22+/- 2.36 años)	c-tDCS EHI Tarea de las 3 formas de lenguaje de Pope y Miall (2012) (lectura de sustantivos, generación de verbos y lectura de verbos)	Replicar el efecto inmediatamente e facilitador de la c-tDCS catódica en regiones cerebelosas derechas para el desempeño de tareas de lenguaje	La mejora en los tiempos de respuesta verbal de los participantes en una tarea de generación de verbos ocurrió inmediatamente después de aplicar la c-tDCS catódica, en comparación con la c-tDCS anódica o simulada. El grado de aprendizaje fuera de línea correlaciona con activación del cerebelo der. El cerebelo juega un rol en la consolidación de aprendizajes que incluyen aspectos lingüísticos.
24	Internal modeling of upcoming speech: A causal role of the right posterior cerebellum in non-motor aspects of language production	Runnquist E., Bonnard M., Gauvin H., Attarian S., Trébuchon A., Hartsuiker R., Xavier Alario F.	2016	Francia Bélgica	Artículo Original Trasnversal Cuasi experimental	17 sujetos (edad media 24 años)	rTMS Tarea cognitiva (lista de 160 palabras)	Valorar si el automonitoreo del lenguaje se produce a través de modelamiento interno y si el cerebelo cumple un rol en este proceso.	El cerebelo posterior izq. posee un rol causal para la producción del lenguaje. El cerebelo está involucrado en el modelamiento interno del lenguaje próximo para la detección de errores, por medio de la mantención de representaciones fonológicas en la memoria de trabajo que después pueden ser comparadas con el output de procesos de articulación de habla.

25	Cerebellar BOLD signal during the acquisition of a new lexicon predicts its early consolidation	Lesage E., Nailer E., Miall R.	2016	Reino Unido Estados Unidos	Artículo Original Transversal (correlacional)	15 sujetos sanos (edad media 24 años)	MRI Tarea cognitiva Aprendizaje palabras en idioma Vasco; tarea de sinónimos en inglés	Investigar si el cerebelo es reclutado al mapear palabras nuevas sobre conceptos semánticos existentes.	Se registró actividad BOLD en la circunvolución frontal inferior izq., ínsula bilat., área motora suplementaria, corteza parietal superior izq., caudado der., vermis cerebeloso der. y Crus II der. en tareas de aprendizaje de vocabulario. La medida en que las regiones cerebelares, se reclutan durante el aprendizaje correlaciona con mejoría en el desempeño de la tarea. El cerebelo cumple un rol en el aprendizaje léxico y el lóbulo der. contribuye a la consolidación de asociaciones léxico - semánticas.
26	Location of lesion determines motor vs. cognitive consequences in patients with cerebellar stroke	Stoodley A., MacMore J., Makris N., Sherman J., Schmahmann J.	2016	Estados Unidos	Artículo Original Transversal	18 sujetos, con antecedentes de infarto cerebeloso aislado (edad media 46.8 +/- 14.6 años.)	MICARS GPT FTT WAIS-III (Vocabulario, similitudes, Matriz de razonamiento) FAS COWAT ROCF JLO MRT WCST	Determinar si lesiones cerebelosas anteriores producen síndromes motores, posteriores y/o CCAS.	Los déficits individuales varían según la ubicación de la lesión cerebelosa. Pacientes con daño en los lóbulos cerebelosos III-VI puntuaron peor para ataxia, el síndrome motor cerebeloso se debió a lesiones anteriores. Los pacientes con CCAS en ausencia de síndrome motor cerebeloso tienen daño posterior, con lesiones y puntajes significativamente más bajos en lenguaje (Crus I y

							TMT-A TMT-B WMS-III MRI VLSM		II der. hasta IX), espacial (Crus I bilateral, Crus II der. y lóbulo VIII) y medidas de función ejecutiva (lóbulos VII-VIII). Los resultados motores y cognitivos reflejan la interrupción de diferentes bucles cognitivos y motores cerebro-cerebelosos.
27	Deficits in reflexive covert attention following cerebellar injury	Striemer C., Cantelmi D., Cusimano M., Danckert J., Schweizer T.	2015	Canadá	Artículo Original Transversal	22 sujetos, con lesión cerebelosa vascular o tumoral y controles sanos (edad media 49 años)	fMRI Tarea cognitiva (Atención visual reflexiva encubierta)	Explorar si las regiones del cerebelo que no están estrictamente ligadas al control de movimientos oculares también podrían contribuir a la atención encubierta (covert attention).	Las regiones lateral y media del cerebelo juegan un papel en el control de la atención visual reflexiva encubierta. Pacientes con lesión cerebelosa exhiben un tiempo de reacción significativamente menor en comparación con controles. Análisis de superposición de lesiones indicó que déficit en el despliegue rápido de la atención se relaciona con daño en Crus I y Crus II.
28	Cerebellar-parietal connections underpin phonological storage	Macher K., Böhringer A., Villringer A., Pleger B.	2014	Alemania	Artículo Original Transversal Cuasi experimental	16 sujetos sanos (edad media 26+/- 3.4 años)	tDCS fMRI Tarea modificada de reconocimiento de Sternberg (Sternberg, 1966)	Investigar la contribución del cerebelo a la codificación, mantenimiento y recuperación de	Se observó capacidad reducida de reconocer elementos junto con una señal neural atenuada del lóbulo der. VIIB, La tDCS afectó las conexiones funcionales asociadas con la tarea entre

								información verbal.	el lóbulo VIIb der. y la corteza parietal posterior. El lóbulo VIIb der. interactúa con la corteza parietal posterior, específicamente durante las etapas de la codificación verbal (almacenamiento fonológico).
29	Generalized Role for the Cerebellum in Encoding Internal Models: Evidence from Semantic Processing	Moberget T., Hilland Gullesen E., Andersson S., Ivry R., Endestad T.	2014	Noruega Estados Unidos	Artículo Original Transversal	32 sujetos sanos (edad media 26.2 +/-9.8 años;)	fMRI EHI Tarea cognitiva	Explorar si la noción de modelos internos de procesamiento motor cerebeloso puede ayudar a esclarecer el papel del cerebelo en el procesamiento del lenguaje.	La previsibilidad de las palabras presentadas visualmente moduló la respuesta BOLD en Crus I/II posterior. Los patrones de activación proporcionan evidencia de la acción del cerebelo en el procesamiento predictivo del lenguaje y la noción de modelos internos del cerebelo se extiende al lenguaje. El cerebelo cumple un rol generalizado en la codificación de modelos internos para tareas motoras y no motoras.
30	Cerebellar contributions to spatial memory	Tomlinson S., Davis N., Morgan H., Martyn Bracewell R.	2014	Reino Unido	Artículo Original Transversal Cuasi experimental	23 sujetos sanos (edad media 27 años)	cTBS EHI Tarea Cognitiva Memoria de Trabajo Espacial (Tarea 1. Apuntar Tarea 2. Memoria)	Examinar si existe especialización hemisférica cerebelosa inversa para la memoria de trabajo espacial utilizando	Se observó un recuerdo deteriorado del orden luego de estimular con TBS en el hemisferio cerebeloso medio izq. y una velocidad de respuesta reducida después de TBS en el cerebelo lateral izq. La noción de procesamiento cerebeloso es adicional y está

								estimulación TBS.	separada del monitoreo de la acción sensoriomotora. Se observó un papel causal para la memoria de trabajo espacial cerebelosa izq. y una especialización topográfica, las áreas más cercanas a la línea media están involucradas en la codificación de la posición en serie y las más laterales del recuerdo.
31	Cerebellum engages in automation of verb-generation skill	Yang Z., Wu P., Weng X., Bandettini P.	2014	China Estados Unidos	Artículo Original Transversal	11 sujetos sanos (edad media 22,3 +/- 3 años)	fMRI Tarea cognitiva (Elicitación de vocabulario por confrontación visual)	Distinguir la participación del cerebelo en el aprendizaje de la asociación específica sustantivo-verbo para nombrar elementos y la automatización de la generación de verbos.	El cerebelo procesa tanto el aprendizaje asociativo verbal explícito como la automatización. El lóbulo VI se activa durante la adquisición de la asociación específica del ítem y el Crus I durante la automatización de las habilidades de generación de verbos a través de la práctica. Se distinguen funcionalmente aprendizajes no motores explícitos e implícitos.
32	Cerebellum, temporal predictability and the updating of a mental model	Kotz S., Stockert A., Schwartze M.	2014	Reino Unido Alemania	Artículo Original Transversal	22 sujetos, con tumores cerebeloso, infarto cerebeloso y controles sanos (edad media 43.3 +/- 11.9 años)	EEG MRI ERP	Investigar cómo los pacientes con lesiones cerebelosas y controles sanos explotan la regularidad temporal durante el	Daño estructural cerebeloso, independiente de la extensión (anterior/posterior) o la lateralización (izq., der., bilat.), afecta de forma crítica la previsibilidad temporal y su impacto en el procesamiento de la desviación perceptiva

								procesamiento de desviación auditiva.	implicando, una respuesta de error y la actualización de un modelo mental del entorno para lograr un comportamiento óptimo.
33	Effects of cerebellar stimulation on processing semantic associations	Argyropoulos G., Muggleton N.	2013	Reino Unido China	Artículo Original Transversal Experimental	47 sujetos sanos (edad media 23 años)	rTMS Tarea cognitiva (Lectura de pares de palabras)	Explorar si la estimulación de diferentes sitios del cerebelo tiene impacto sobre el priming asociativo en oposición al categórico de sustantivos a verbos en la comprensión y producción del lenguaje.	La estimulación cerebelosa lateral der. mejora el priming asociativo semántico selectivamente. Se registra evidencia de la participación selectiva de locus neocerebelosos en el procesamiento asociativo semántico del lenguaje. El cerebelo tiene un rol en la generación de expectativas lingüísticas y el bucle recíproco prefrontal cortico-cerebeloso.
34	Functional topography of the cerebellum for motor and cognitive tasks: An fMRI study	Stoodley C., Valera E., Schmahmann J.	2012	Estados Unidos	Artículo Original Transversal	9 sujetos sanos (edad media 25.6 años)	fMRI EHI WAIS- III Tarea Cognitiva (procesamiento sensoriomotor, lenguaje, N-back task y procesamiento afectivo)	Determinar si la topografía funcional sugerida por la conectividad anatómica de diferentes regiones cerebelosas es evidente cuando las realizan diferentes tareas cognitivas y motoras.	La topografía funcional del cerebelo refleja la participación de diferentes circuitos cerebro-cerebelosos dependiendo de las demandas: el movimiento activa cortezas sensoriomotoras junto con los lóbulos cerebelosos contralaterales IV-VI y VIII, mientras que tareas más demandantes cognitivamente involucran corteza prefrontal, parietal y los lóbulos cerebelosos VI y VII.

35	Isolating a cerebellar contribution to rapid visual attention using transcranial magnetic stimulation	Arasanz C., Staines R., Schweizer T.	2012	Canadá	Artículo Original Transversal Experimental	45 sujetos sanos (edad media 23,3 años)	TMS (cTBS) EHI Tarea Cognitiva (atención visual)	Investigar las características temporales de la contribución del cerebelo al parpadeo atencional. Localizar la contribución funcional del cerebelo a la PA utilizando cTBS.	La red para el control rápido y eficiente de los recursos atencionales durante el parpadeo atencional involucra al cerebelo, en específico a la corteza cerebelosa postero-lateral der.
36	Cognitive impairments due to focal cerebellar injuries in adults	Alexander M., Gillingham S., Schweizer T., Stuss D.	2012	Estados Unidos Canadá	Artículo Original Transversal	68 sujetos, con lesión cerebelosa der., lesión cerebelosa izq. y controles sanos (edad media 52 años)	MRI TMT-B GPT FTT DGFB TT FAS JLO CVLT TVDB FAS BADs Stroop Tarea cognitiva (ROBBIA)	Evaluar si las lesiones cerebelosas focales causan deterioro en las tareas previamente descritas como sensibles a las lesiones prefrontales.	El grupo con lesiones en el cerebelo der. tuvo un desempeño más bajo en algunas pruebas de control de respuesta y fluidez verbal que los controles y también los pacientes con lesiones en el cerebelo izq. En la mayoría de las pruebas, incluidas las experimentales, sensibles a las lesiones prefrontales, no se registraron diferencias significativas entre los grupos
37	Cerebellar rTMS disrupts predictive language processing	Lesage E., Morgan B., Olson A., Meyer A., Miall C.	2012	Países Bajos	Artículo Original Transversal Experimental	130 sujetos sanos (edad media 20.5 años)	rTMS Tarea cognitiva (Escucha de oraciones)	Observar si el cerebelo respalda la predicción durante el procesamiento del lenguaje.	El procesamiento del lenguaje se retrasa en una tarea de lenguaje predictivo cuando se interrumpe la función cerebelosa der.

							Grabación seguimiento ocular		
38	Evidence for a motor and a non-motor domain in the human dentate nucleus - An fMRI study	Küper M., Dimitrova A., Thürling M., Maderwald S., Roths J., Elles H.G., Gizewski E.R., Ladd M.E., Diedrichsen J., Timmann D.	2011	Alemania Reino Unido	Artículo Original Transversal	13 sujetos sanos (edad media 30.1+/- 7.2 años)	MRI EHS Tarea cognitiva (Memoria de Trabajo verbal, Tarea control, Navegación visuoespacial, tarea control Navegación visuoespacial, Tarea motora simple, tarea motora compleja)	Observar si existe una subdivisión para dominios motores y no- motores en el núcleo dentado.	La activación del núcleo dentado dorso-rostral se asocia con la función motora; las tareas cognitivas implican activación prominente del núcleo caudal. Tareas visuoespaciales evocan actividad bilat. en el núcleo dentado caudal y actividades de memoria de trabajo verbal activación predominante del núcleo dentado caudal der.

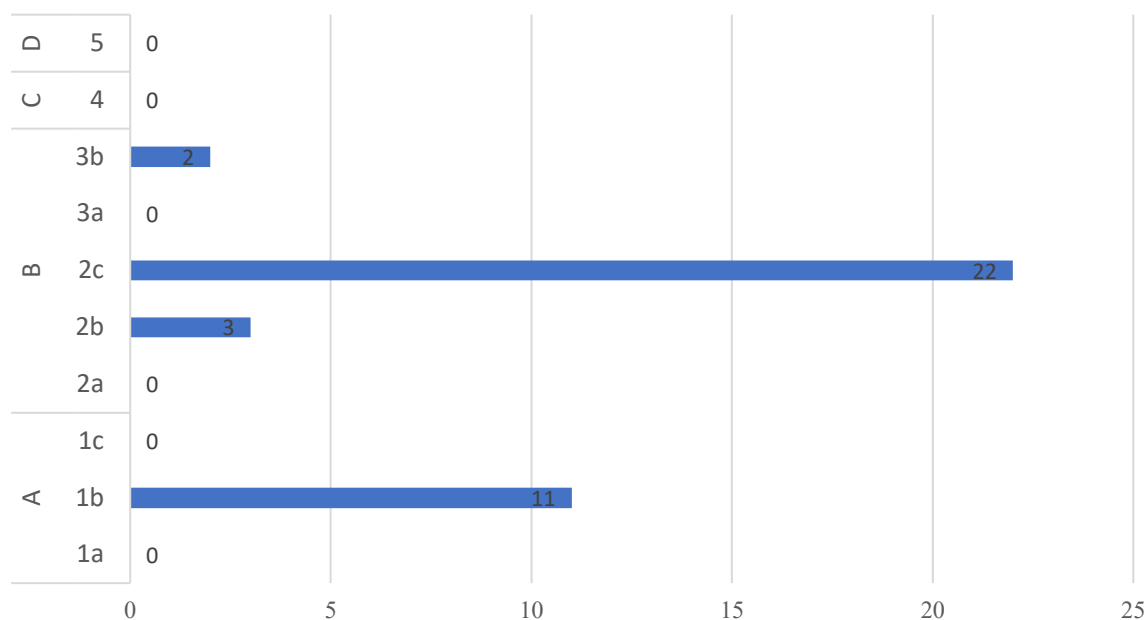
NOTA: fMRI: Resonancia magnética funcional. MRI: Resonancia Magnética. rs-MRI: Resonancia magnética en estado de reposo. TMS: Estimulación Magnética Transcraneana. rTMS: Estimulación magnética transcraneana repetitiva. tDCS: Estimulación magnética transcraneana directa. TBS: Estimulación con pulsos Theta. cTBS: Estimulación cerebelar con pulsos. c-tDCS: Estimulación magnética transcraneana directa cerebelosa. ctDCS: Estimulación magnética transcraneana directa. ETM: Seguimiento de Movimiento Ocular. EEG. Electroencefalograma. ERP: Potenciales evocados asociados al evento. Señal BOLD: Señal de imagen dependiente del nivel de oxígeno en la sangre. MoCA Test: Test de Evaluación Cognitiva de Montreal. CAT: Test Comprensivo para las Afasias. ABA: Batería para las Apraxias en Adultos. MICARS: Escala internacional modificada de valoración cooperativa para la Ataxia. ICARS: Escala Internacional de valoración cooperativa para la Ataxia. FTT: Test de golpeteo de dedos. EHI: Inventario de lateralización de Edinburgo. WAIS-III: Escala de Inteligencia para Adultos de Wechsler – III. WAIS-IV: Escala de Inteligencia para Adultos de Wechsler – IV. WMS-III: Escala de Memoria de Wechsler III. TVBD: Test de Vocabulario Test de Boston. FAS: Fas Fluencia Verbal. COWAT: Test de asociación oral de palabras controlada. ROCF: Test Figura Compleja. JLO: Test de Orientación y Juicio de Líneas. MRT: Test de rotación mental. WCST: Test de Cartas de Wisconsin. TMT: Test de Trazos. TMT-A: Test de Trazos-A. TMT-B: Test de Trazos-B. BDI: Inventario Depresión de Beck. GDS: Escala de depresión geriátrica. TDR: Test del Dibujo del Reloj. ECR: Enhanced cued-recall. SCL-R-90: Inventario de Síntomas de Derogati-Revisado. DGFB: Digit Span forward and backward. N-back task (tareas de memoria de trabajo y función ejecutiva). CVLT-9: California Verbal Learning Test, 9 palabras. VFT: Test Fluencias Verbales. PST: Prague Stroop Test. BRUMS: Escala del ánimo de Brunel Mood. RAVLT: Rey auditory verbal learning test. HAMD: Escala de depresión de Hamilton. BBS: Escala de balance de Berg. TT: Token test. BADS: Evaluación conductual del Síndrome Disejecutivo. Stroop. Test de colores y palabras. AQ: Cuestionario para Autismo. CCAS-S; Escala para valorar el Síndrome cognitivo afectivo cerebeloso. BAADT: Batería para el análisis de los trastornos afásicos. CCAS: Síndrome Cerebeloso Cognitivo Afectivo. CMS: Síndrome de Mutismo Cerebeloso. HCP: Proyecto Conectoma Humano. DRM: Paradigma Deese-Roediger-McDermott. MTV: Memoria de Trabajo Verbal. CF: Conectividad funcional. RSN: Redes en estado de reposo. RCT: Ensayo Clínico Controlado. Izq.: izquierda. Der.: derecha. Bilat.: bilateral.

Evaluación de calidad metodológica. Nivel de recomendación y Riesgo de sesgo

Para el análisis por NE y GR, tal como se describió en el apartado de metodología, se utilizó el instrumento OCEBM del cual se obtuvieron los resultados que se encuentran reflejados en la figura 2, 12 estudios en el GR-A y NE-1b; 3 en GR-B, NE-2b; 23 en GR-B, NE-2c; y 2 en GR-B, NE-3b. Lo que implica que los estudios que recibieron la letra A son altamente recomendados y los que se encuentran en la letra B son recomendables de manera favorable, encontrándose en estos grupos estudios con análisis estadístico fuerte e investigaciones de diseño observacional, con estudio de cohortes, transversales, ecológicos sobre resultados de salud y solo dos estudios de casos y controles, los cuales corresponden a los 2 estudios que consiguieron la valoración B3b, como el estudio de Geva et al. (2021) que considera la observación de sistemas cerebelosos de producción de habla o el de Zacharia (2019) que busca describir cambios cognitivos, sociales y emocionales en personas con tumores y epilepsia. Los estudios con el nivel de recomendación más alta A, son estudios con diseños observacionales experimentales con asignación de muestras al azar.

Figura 2.

Nivel de Evidencia y Grado de Recomendación

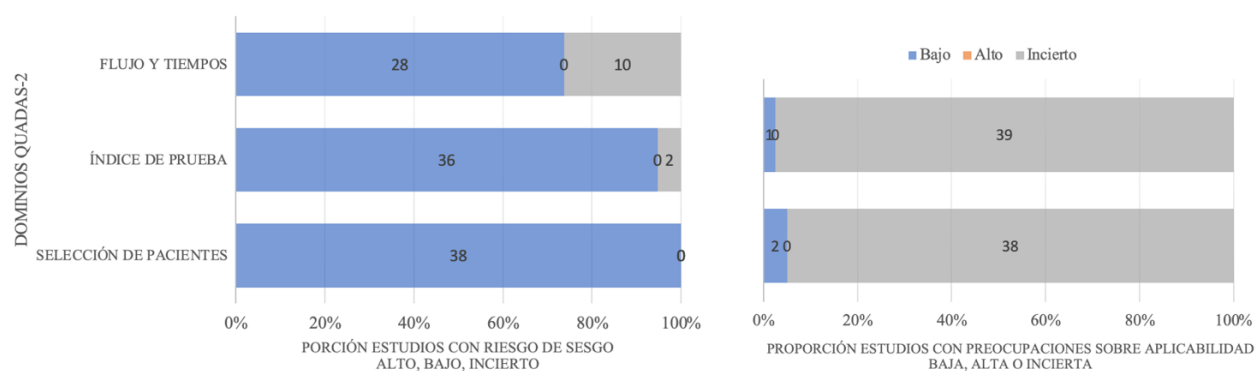


NOTA: Elaborado en base a los datos obtenidos de la selección de estudios.

En lo que respecta al sesgo interno de las publicaciones seleccionadas se utilizó la herramienta QUADAS-2. Ésta valora 4 dominios en relación a la percepción del riesgo de los estudios diagnósticos, por lo que para el presente análisis se excluyó la valoración del Índice Prueba de Referencia, porque este se utiliza en caso de estar frente a una investigación que realiza re-test lo que no es el caso actual. En lo que respecta al sesgo en la selección de individuos el 100% de la muestra a analizar registra un bajo riesgo de sesgo. En cuanto al índice de prueba, es decir la descripción de los instrumentos de evaluación sólo en dos artículos, Tomlinson et al. (2014) y Yang et al. (2014) se entregó la valoración de una probabilidad de riesgo incierto. Para el dominio flujos y tiempos hubo un mayor número de estudios con posibilidad de riesgo incierto, ya que en 10 de ellos se reporta la eliminación de algún participante en fases de toma de muestra o análisis posterior, por reacciones adversas a la tDCS por ejemplo o a la pérdida de datos por mal funcionamiento de alguno de los instrumentos de evaluación que estaban siendo utilizados. Las investigaciones que reportaron este alcance fueron: Rice et al., 2021; Metoki et al., 2021; Dave et al., 2020; D'Mello et al., 2020; Fan et al., 2019; Tomlinson et al., 2014; y Yang et al., 2014.

Figura 3.

Diagrama de evaluación de calidad metodológica y riesgo de sesgo



NOTA: Elaborado en base a los datos obtenidos de la selección de estudios.

En cuanto al segundo bloque a observar preocupación sobre aplicabilidad de los resultados en el 97% de los estudios el resultados es una probabilidad de riesgo incierto, puesto que un alcance que se replica respecto de las limitaciones de los estudios es el tamaño y selección de la muestra y la consideración sobre la posibilidad de mejorar los protocolos de

evaluación a través de herramientas como las tMS y la disponibilidad de MRI para hacer observaciones de regiones corticales más extensas y/o completas se los individuos participantes o el que los instrumentos cuenten con algoritmos de análisis más potentes. Por otro lado, en lo que respecta a los protocolos de evaluaciones neuropsicológicas y las pruebas experimentales utilizadas se replica de forma extensiva la misma apreciación a través de todas las investigaciones. Cabe destacar que del análisis realizado, ningún estudio fue considerado con alto riesgo de sesgo o baja calidad metodológica.

Análisis y Discusión de Resultados

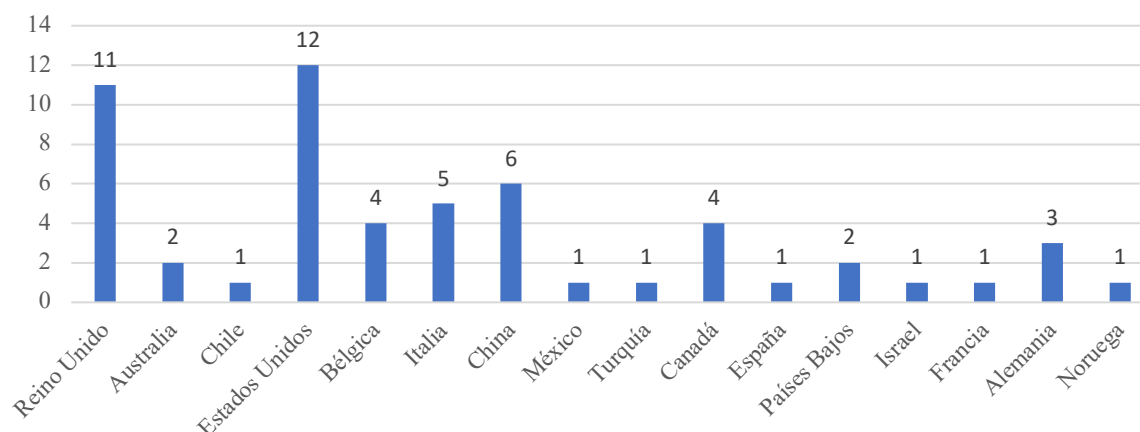
Esta revisión se desarrolló con el objetivo de caracterizar las funciones cognitivas y lingüísticas que se asocian a regulación cerebelosa, así como su correlato neuroanatómico y finalmente responder a las dos preguntas de investigación planteadas ¿Cuál es el rol que cumple el cerebelo en el funcionamiento cognitivo y lingüístico de los seres humanos? y si ¿Es suficiente la evidencia científica para describir el rol que cumple el cerebelo en el funcionamiento cognitivo y lingüístico de los seres humanos?. En función de lo anterior en este apartado se analizan los resultados obtenidos.

En lo que respecta a la selección final esta se realizó a partir de cuatro bases de datos de literatura científica y cuatro para “literatura gris”, obteniéndose 38 investigaciones primarias que cumplieron con todos los criterios de inclusión descritos, todas provenientes de buscadores indexados y en idioma inglés, independientemente de que se consideró como segunda lengua de publicación el español, en la búsqueda general sólo se registraron 5 publicaciones, no obstante, en la fase de revisión por los criterios planteados en la investigación fueron todas excluidas. Lo que apoya la noción de que existe un predominio de publicaciones científicas en inglés y el que en países de habla inglesa es donde más se han llevado a cabo investigaciones de la temática a tratar. Esto es posible apreciarlo en la figura 4, donde Estados Unidos y el Reino Unido registran participación en 11 y 12 de las publicaciones seleccionadas respectivamente lo que constituye el 57,5% de la muestra obtenida.

Otra consideración a realizar es que en 15 de las investigaciones seleccionadas hubo participación de investigadores de al menos dos nacionalidades diferentes, lo cual podría implicar que está aumentado el interés sobre la temática y la realización de esfuerzos transnacionales para su realización, tal como ocurre en la publicación del grupo Geva et al., (2021), en la cual participan investigadores de Reino Unido, Australia y Chile; Runnquist et al., (2016) con Francia y Alemania o Spielmann et al. (2017) Países Bajos e Israel.

Figura 4.

Países donde se desarrolla investigación sobre Cerebelo, Cognición y Lenguaje

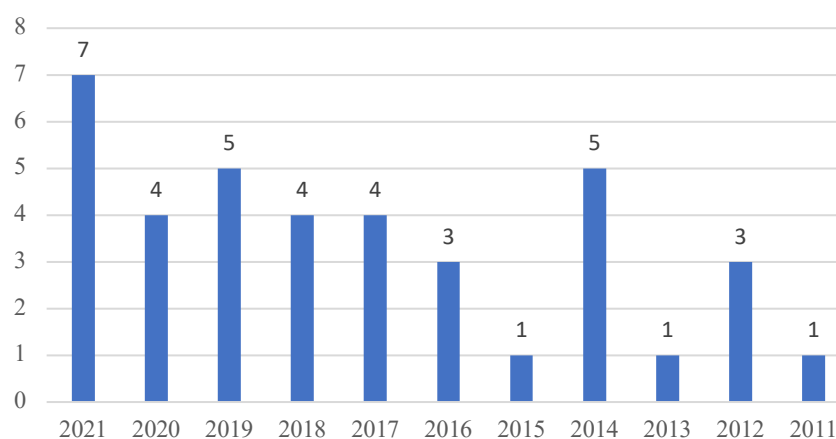


NOTA: Elaborado en base a los datos obtenidos de la selección de estudios.

Al observar los resultados en relación a la distribución por años de publicación en la figura 5 se aprecia el aumento paulatino hacia los últimos años del rango de búsqueda planteado (2011-2021), concentrando en los último cuatro años el 50% de las publicaciones seleccionadas. Lo cual se recoge al observar un comentario generalizado que se presenta en las investigaciones sobre la necesidad de aumentarlas y refinarlas para obtener mayores alcances y sobrellevar las limitaciones que se podrían encontrar en éstas.

Figura 5.

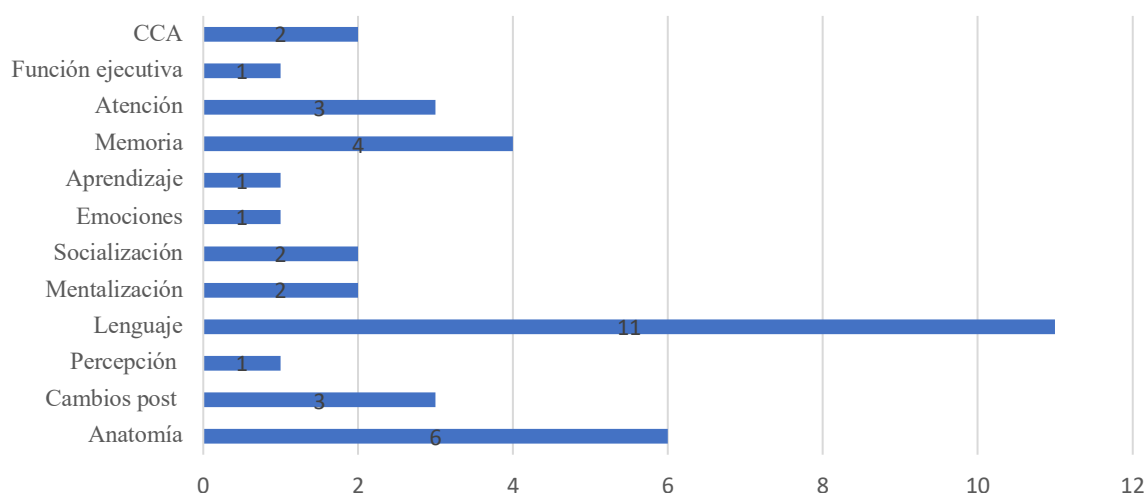
Año de publicación de las investigaciones



NOTA: Elaborado en base a los datos obtenidos de la selección de estudios.

Figura 6.

Contenidos en objetivos de las investigaciones



NOTA: Elaborado en base a los datos obtenidos de la selección de estudios.

El siguiente punto refiere los propósitos bajo los cuales se desarrollaron las investigaciones seleccionadas. Una revisión de sus objetivos permitió elaborar categorías para agruparlos en cuanto a las coincidencias observadas en los contenidos declarados, esto por la diversidad de planteamientos para el análisis y exploración de contenidos cognitivos y de lenguaje registrados y el que de esta forma se avanza hacia responder a las preguntas de investigación de esta revisión. Dichos contenidos son Funciones ejecutivas, Atención, Memoria, Aprendizaje, Emociones, Sociabilización, Mentalización, Lenguaje, Percepción, y CCA. La figura 6 presenta en detalle la cantidad de artículos por categoría en relación al total. Por otro lado, 11 de las investigaciones se avocan a la observaciones de funciones del lenguaje atribuidas al cerebelo. Finalmente, en el detalle sólo se encuentran 37 de los 38 registros, porque la investigación de Güell et al. (2018) busca explorar la asociación de triple representación para el procesamiento de tareas no motoras tales como la memoria de trabajo, el lenguaje, la socialización y la afectividad, lo que implica la unión entre 4 de los 9 contenidos declarados.

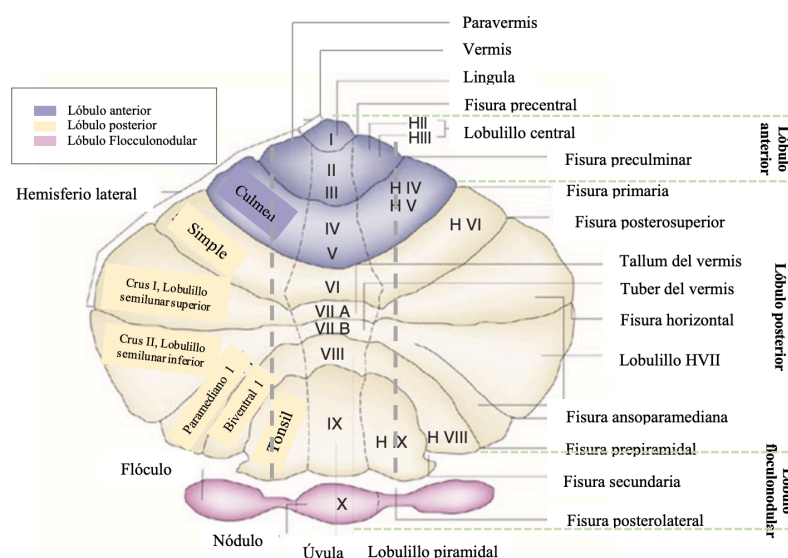
Regiones cerebelosas asociadas al procesamiento de funciones cognitivas y de lenguaje.

El modelo actual para la configuración anatómica cerebelosa lo subdivide en tres grandes áreas o lóbulos, que resumen su composición de forma general. El lóbulo anterior regula

funciones motoras, el lóbulo posterior, en su subdivisión postero-superior funciones cognitivas comunicativas, en la sección postero-inferior a funciones afectivas (ver figura 7) y el lóbulo flocculonodular al equilibrio y funciones vestibulares (Mariën, 2017). La evidencia recabada en la presente revisión corrobora esta información puesto que gran parte de los estudios declaran observar activación cerebelosa posterior en tareas de lenguaje, una organización en base a un gradiente de abstracción temporal propia jerárquica, activación de diversas áreas para organizar el procesamiento de información del momento y futura, y el que este funcionamiento no es totalmente regulado por las redes de asociación que reciben señales provenientes de cortezas prefrontales (D'Mello et al., 2020).

Figura 7.

Anatomía Cortical Cerebelar



Nota. Vista de la corteza cerebelar incluyendo la subdivisión de lóbulos, lobulillos y fisuras por nombre y número. Los lobulillos de los hemisferios se designan con la letra H. Adaptada y traducida de Manni y Petrosini (en Mariën, 2017).

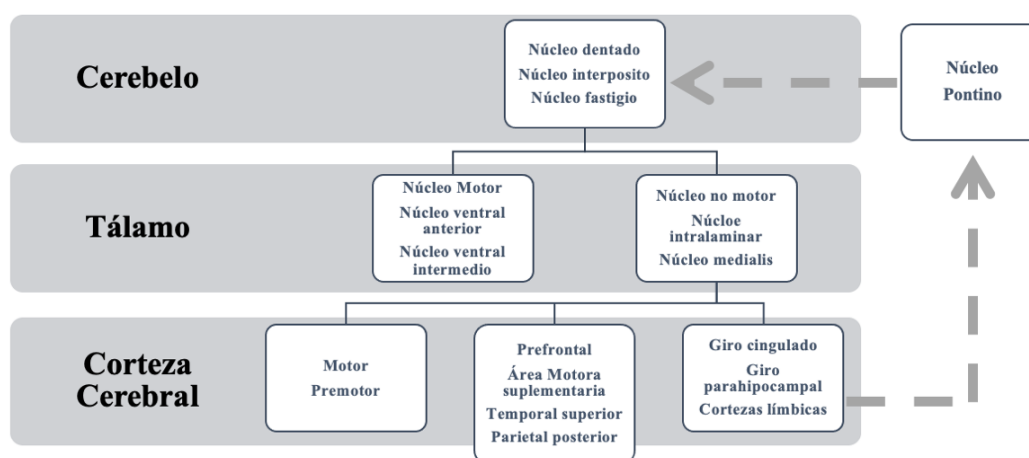
Rice et al. (2021) observaron que en regiones cerebelosas posterolaterales (sensoriomotoras y cognitivas) por medio de estimulación tDCS en personas sanas se puede impactar de forma negativa su desempeño en tareas conductuales y patrones de activación funcional. Al aislar la estimulación cerebelosa posterolateral derecha mejoró la precisión en tareas de completación de oraciones y aumentó la activación de regiones asociadas al

cumplimiento de la tarea, y al replicar este proceso en regiones sensoriomotoras posteriores, no se reportaron efectos sobre el desempeño o una mayor participación de áreas corticales cerebrales para el lenguaje. Chirino-Pérez et al. (2021) avanza en esta descripción puesto que al observar pacientes con lesiones cerebelosas crónicas posterolaterales derechas registró alteraciones inherentes al CCAS y regiones específicas para el establecimiento de la dicotomía cerebelo anterior-sensoriomotor/ posterior-cognitivo y revelan regiones intralobulares y translobulares derechas, VI, VII, Crus I-II con manifestaciones significativas para tareas verbales en que se superponen los límites funcionales cerebelosos para el lenguaje.

Wang et al. (2019) igualmente reportaron en casos de lesión vascular cerebelosa posterior la presencia de anomalías topológicas cerebrales como cambios en los coeficientes de agrupación, longitudes de ruta cortas y eficiencia global y local. Las medidas de eficiencia local en el precúneo, la circunvolución del cíngulo y la corteza frontotemporal se redujeron significativamente en estos casos, alteraciones en el giro temporal inferior derecho, giro cingulado y paracingulado medial bilateral, precúneo derecho y en dominios cognitivos. Tales irregularidades se vieron acompañadas de compromiso de memoria, funciones ejecutivas, habilidades visuoespaciales, velocidad de procesamiento y lenguaje.

Figura 8.

Diagrama de las vías de conexión cerebelo-cerebrales subyacentes a los procesos cognitivo y afectivos.



Nota. Adaptado y traducido de Mariën et al. (2017).

Igualmente se ha descrito la existencia de múltiples vías de aferencias y eferencias cerebelosas, corticales cerebrales y subcorticales cerebrales (ver figura 8), es decir se ha extendido el análisis y alcance de los mecanismos de funcionamiento cerebeloso. Sobre dicha conectividad se ha reportado evidencia sobre casos de personas con disfunciones en redes cerebro-cerebelares por infartos cerebelosos agudos posteriores que cursan con compromiso en la interacción entre regiones corticales clave y el cerebelo, tales como el lóbulo frontal derecho, el hipocampo izquierdo, el giro cingulado derecho y áreas cerebelosas posteriores. En particular afectación del hipocampo izquierdo y el cingulado derecho juegan un rol fundamental en las alteraciones cognitivas (Fan et al., 2019). La topografía funcional del cerebelo refleja la participación de diferentes circuitos cerebro-cerebelosos dependiendo de las demandas de la tarea: el movimiento manifiesto activa cortezas sensoriomotoras junto con los lóbulos cerebelosos contralaterales IV-VI y VIII, mientras que tareas más demandantes cognitivamente involucran corteza prefrontal, parietal y los lóbulos cerebelosos VI y VII (Stoodley et al., 2012).

Castellazzi et al., (2018) diseñaron un protocolo de evaluación en base a escucha de narraciones para identificar cómo cambia la CF (Conectividad Funcional) de RSN (redes en estado de reposo). Identificaron 15 RSN y en todos reportaron cambios durante y al finalizar la escucha de una historia, registrando cambios en cortezas frontales, prefrontales y cerebelosas posteriores, especialmente en Crus I-II y lóbulo VI. En específico en la CF de redes cerebelosas sensoriales (visual lateral; visual), redes cognitivas (predeterminadas; de control ejecutivo) de atención ventral derecha e izquierda, de prominencia, de lenguaje y de memoria de trabajo.

Funciones Cognitivas asociadas al Cerebelo

En lo que respecta a la atribución de funciones cognitivas al cerebelo se seleccionaron 17 artículos que tratan sobre alguna función cognitiva que no es el lenguaje, 13 sobre este último considerando la descripción de manifestaciones clínicas sobre afasias, 1 implicando tareas de procesamiento auditivo y 11 en que se hacen referencia a aspectos propios del lenguaje y la comunicación. A esto se agregan 2 artículos que refieren explicaciones sobre habilidades de mentalización, 2 respecto de la sociabilización y 3 sobre la configuración del Síndrome Cerebeloso Cognitivo Afectivo.

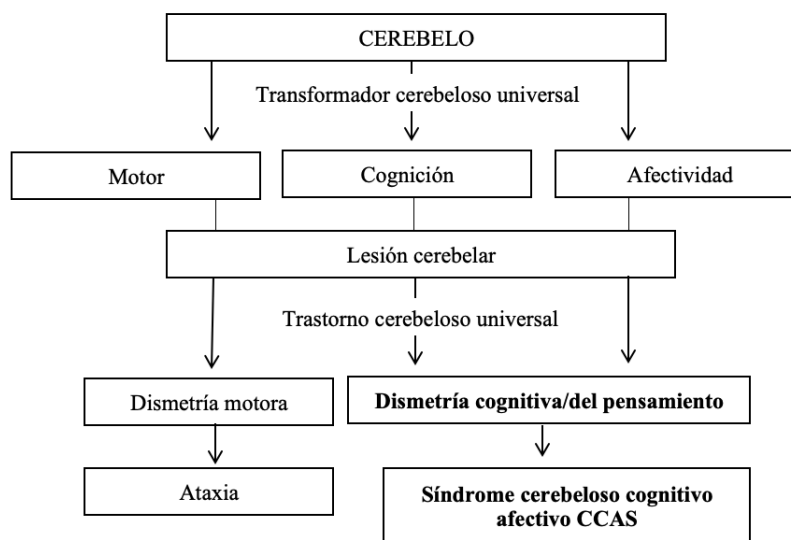
Se ha hipotetizado que la disfunción cognitiva y de lenguaje asociada a lesiones cerebelosas es generada porque esta estructura constituye un modulador/temporizador del comportamiento amortiguando las oscilaciones, del control motor y cognitivo, constituyéndose como un facilitador o “Transformador Universal” (UCT) que mantiene las funciones automáticas en una línea basal de equilibrio homeostático. Es por esto que lesiones en esta región generan una “dismetría del pensamiento” (figura 9) (Güell et al., 2015). La hipótesis UCT se basa en dos realidades opuestas y complementarias: la primera es que la citoarquitectura repetitiva paracristalina de la corteza cerebelosa, es decir que esta región se ha descrito históricamente como un circuito repetitivo compuesto sólo por cinco tipos de células, no obstante en la actualidad es una premisa que ha cambiado ya que se ha registrado que esta posee una red compleja de interneuronas inhibitorias y excitatorias que controlan el patrón espacial y temporal de la activación de las células granulares, lo que proporciona información sobre los procesos celulares y sinápticos que subyacen a las oscilaciones y la sincronización en la corteza cerebelosa (Geurts, De Schutter & Dieudonné, 2003).

La segunda premisa de que esta estructura posee conexiones anatómicas que vinculan distintas regiones de los hemisferios y núcleos cerebelosos con diferentes áreas cerebrales motoras, cognitivas y afectivas (Schmahmann et al., 2019; Schmahmann, 1996). Por lo que la estructura uniforme de la corteza cerebelosa permite una computación única, que modula múltiples flujos de procesamiento de información en los hemisferios cerebrales, incluso para la cognición social (Van Overwalle et al., 2020).

La teoría de la dismetría del pensamiento se considera un corolario de la UCT. Puesto que la participación del cerebelo en la regulación de la conducta surge como una especie de cálculo uniforme en el cual los signos y síntomas neurológicos asociados a su disfunción se relacionan con la dismetría. En lo motor, las lesiones cerebelosas acarrearán dismetría del movimiento y dificultades en la coordinación, precisión y fluidez del control motor. Respecto de la cognición y afectividad, dismetría del pensamiento, que compromete la coordinación, precisión y fluidez del pensamiento, la afectividad y la cognición social (Schmahmann et al., 2019; Schmahmann et al., 2007).

Figura 9.

Esquema compuesto de las Hipótesis de la Dismetría cognitiva/del pensamiento (DOT) y del Transformador Cerebeloso Universal (UCT)



Nota. Extraído de Güell et al. (2015)

Lenguaje y Cerebelo

Sobre el lenguaje, el cerebelo desempeña un papel crucial en la producción de oraciones al estar asociado con habilidades como el ajuste automático de la gramática y la semántica. Este fenómeno implica que cuando buscamos comunicar algo, el mensaje conceptual (semántica) se adapta a la estructuración de la información (sintaxis). En la construcción de oraciones, la simple recuperación de palabras resulta insuficiente, por lo tanto, es la organización gramatical la que permite transmitir el mensaje completo que se desea entregar. El cerebelo desempeña un papel clave en este proceso, ayudando a sincronizar y coordinar las diferentes áreas cerebrales implicadas en la producción del lenguaje, asegurando así una comunicación fluida y coherente (Indefrey, 2018). Las alteraciones en este proceso pueden ocasionar complicaciones en la interpretación de oraciones y en procesos cognitivos fundamentales para el lenguaje tales como el análisis, la secuenciación y el razonamiento lógico. Lo que se ha propuesto constituiría una de las causas de los trastornos en la teoría de la mente y dificultades sobre el desarrollo de habilidades sociales. Dicho fenómeno fue observado por Güell et al. (2018) quienes describieron que el cerebelo posee una triple representación para el procesamiento de tareas no motoras,

como la memoria de trabajo, el lenguaje, la socialización y la afectividad. Estas representaciones están separadas para cada uno de estos cuatro dominios cognitivos y afectivos. Aspectos sobre los cuales se abordará información relevante a continuación.

El cerebelo cumple un rol generalizado en la codificación de modelos internos de procesamiento predictivo para tareas motoras y no motoras como el lenguaje, lo cual puede observarse cuando por alguna razón se interrumpe la función cerebelosa derecha, lo que acarrea enlentecimiento en la realización de tareas predictivas (Lesage et al., 2012; Moberget et al., 2014; Zacharia et al., (2019) y en el procesamiento de estímulos y palabras relacionados semánticamente (Gatti et al., 2020). Así mismo el cerebelo posterior genera modelos de predicción interna, contribuye al aprendizaje explícito de secuencias temporales y la detección de acciones que violan la implicación de rasgos (error de predicción) (Runquist et al., 2016; Pu et al., 2021; Gatti et al., 2021). Se ha reportado en personas con lesiones cerebelosas, que independientemente de la extensión (anterior/ posterior) o lateralización (izquierda, derecha, bilateral) se compromete de forma crítica la previsibilidad temporal impactando en el procesamiento de la desviación perceptiva, es decir la detección de particularidades, que implica la generación de respuestas al error como la actualización de un modelo mental del entorno para lograr un comportamiento óptimo (Kots et al., 2014).

El cerebelo posterior izquierdo posee un rol causal para la producción del lenguaje, está involucrado en el modelamiento interno para la detección de errores, la mantención de representaciones lingüísticas fonológicas y en la memoria de trabajo proporcionando un comparador para el output de procesos de articulación de habla y facilitando el automonitoreo por modelamiento interno (Runquist et al., 2016). El cerebelo procesa tanto aprendizaje asociativo verbal explícito como automatizado, el lóbulo VI se activa durante la adquisición de una asociación específica y Crus I durante la automatización de las habilidades de generación de verbos (Yang et al., 2014). Personas que reciben estimulación magnética transcraneana, en dicha área cerebelosa, mejoran en tareas de generación de verbos (Spielmann et al., 2017), pero se ha reportado que la aplicación de tDCS en personas con afasia no genera diferencias significativas al ser sometidos a tareas de producción de verbos (Marangolo et al., 2017).

Cuando se trata de la generación de palabras presentadas visualmente, se han observado respuestas moduladas en Crus I/II posterior derecho, lo que contribuye no sólo a la codificación, sino también al mantenimiento y recuperación de información verbal (Moberget et al., 2014). Macher et al. (2004), observaron una capacidad reducida de reconocimiento de elementos cuando la señal neural en el lóbulo derecho VIIb fue atenuada con tDCS durante la fase de codificación verbal. Esto implicó un compromiso en las conexiones funcionales asociadas con la tarea entre la corteza parietal posterior y el lóbulo VIIb derecho, especialmente en las últimas etapas de la codificación, cuando la información verbal ingresa al almacenamiento fonológico. Por su parte el cerebelo posterior izquierdo, desempeña un papel causal en la producción del lenguaje y está involucrado en el modelamiento interno del lenguaje próximo para la detección de errores a través de la mantención de representaciones fonológicas en la memoria de trabajo, las cuales proporcionan un patrón comparativo para el output de los procesos de articulación del habla (Runnquist et al., 2016).

La actividad en el cerebelo posterolateral derecho Crus I/II igualmente se ha relacionado con la predicción de contenido en oraciones próximas, la previsibilidad de la próxima palabra a producir y al error de predicción. Esta región se dedica al procesamiento fonológico, la predicción lingüística y el modelado interno de representaciones fonológicas, funciones que impactan sobre la producción y comprensión del lenguaje en general (Lesage et al., 2017), así como la consolidación de asociaciones léxico-semánticas para palabras nuevas sobre conceptos semánticos ya existentes. Las estructuras que registran activación durante este tipo de tareas son la circunvolución frontal inferior izquierda, la ínsula bilateral, el área motora suplementaria, la corteza parietal superior izquierda, el caudado derecho, el vermis cerebeloso derecho y Crus II derecho (Lesage et al., 2016).

El cerebelo a través del bucle recíproco prefrontal cortico-cerebeloso tiene un rol en la generación de expectativas lingüísticas que impacta sobre la comprensión y producción del lenguaje. En investigaciones en que se ha realizado estimulación cerebelosa en regiones laterales derechas se ha observado que mejora el priming semántico asociativo y en casos referidos a categorías semánticas se mantiene. Por tanto, se registra evidencia de la participación selectiva de los locus neocerebelosos en el procesamiento asociativo semántico del lenguaje

(Argyropoulos et al., 2013) y en pacientes con daño en regiones cerebelosas involucradas en la producción de habla mayor activación en la corteza premotora dorsal y el área motora suplementaria derechas en comparación con controles sanos, lo que puede implicar que dicha región desempeña un papel plausible en la compensación funcional del daño respecto de las áreas cerebelosas y no cerebelosas involucradas en la producción del habla (Geva et al., 2021).

En cuanto al aprendizaje léxico se ha descrito que el lóbulo cerebeloso derecho contribuye a la consolidación de asociaciones lingüísticas léxico-semánticas. En cuanto a la participación en el aprendizaje de la asociación específica sustantivo-verbo y la automatización en la generación de verbos, el cerebelo procesa tanto el aprendizaje asociativo verbal explícito como la automatización, siendo el lóbulo VI el que se activa durante la adquisición de la asociación específica del ítem y el Crus I para la automatización de las habilidades de generación de verbos, lo que permite distinguir funcionalmente aprendizajes no motores explícitos e implícitos (Yang et al., 2014) y el que dicha activación en la generación de verbos se asocia a regiones cerebelosas derechas (Spielmann et al., 2017), VI-Crus I derecho (Ashida et al., 2019).

En lo que respecta a la producción del habla se ha apreciado que las proyecciones entre el área de Broca y las porciones superiores del cerebelo, a saber, el lóbulo VI/Crus I, sustentan los procesos de control articulatorio (Desmond et al., 2005; Chen & Desmond, 2005; Ashida et al., 2019). Es más, se ha propuesto que el cerebelo es parte de una vía subcortical que recibe información del área de Broca a través de la ínsula anterior izquierda y se proyecta hacia la corteza motora primaria izquierda por medio de la corteza premotora ventral izquierda (Mariën et al., 2014). Se presume que el almacenamiento fonológico implica proyecciones entre las regiones parietales y el lóbulo VIIb del cerebelo derecho (Chen & Desmond, 2005). En estudios realizados con pacientes que presentan lesiones cerebelosas, se ha observado que las regiones implicadas en los circuitos para la producción del habla muestran una mayor activación en la corteza premotora dorsal y el área motora suplementaria derechas en comparación con individuos sanos. Esto lleva a la afirmación de que estas regiones desempeñan un papel plausible en la compensación funcional del daño en las regiones cerebelosas y no cerebelosas relacionadas con la producción del habla (Geva et al., 2021).

Por otro lado, pacientes con lesiones cerebelosas pueden presentar deterioro en el sistema de retroalimentación del control lingüístico, exhibiendo una respuesta anticipatoria atenuada a la retroalimentación de perturbaciones auditiva, tal como estudiaron Parrel et al. (2017), quienes observaron afectación en personas con lesiones cerebelosas en la adaptación de su sistema de control anticipativo al compararlos con controles sanos. Por el contrario, los pacientes produjeron respuestas compensatorias aún mayores que los controles, lo que sugiere una mayor confianza en la retroalimentación sensorial para guiar la articulación del habla en esta población. Juntos, estos resultados sugieren que el cerebelo es crucial para mantener un control preciso del habla, pero relativamente poco involucrado en el control de retroalimentación.

Finalmente, dentro de los trastornos de lenguaje que podrían atribuirse al cerebelo existen reportes de casos que han cursado con cuadros afásicos, tal como se aprecia en la publicación realizada por Mariën et al. (1996) sobre una persona de 73 años con lesión isquémica en el territorio de la arteria cerebelosa derecha superior que curso con afectaciones lingüísticas fonológicas, léxico-semánticas y sintácticas de diferentes grados, sobre la cual se hipotetizó sobre la configuración de un cuadro de afasia inducida por lesión cerebelosa (cerebellar-induced aphasia). Las dificultades lingüísticas de esta persona se caracterizaron por una disociación entre la producción de lenguaje espontáneo y elicitado, dificultades significativas para la iniciación de la emisión y una formulación de ideas dificultosa y con múltiples intentos, anomia, agramatismos y dificultades significativas para la lectura y la escritura (Mariën et al., 2000). Estos hallazgos han sido complementados con apreciaciones posteriores, tales como las realizadas por De Smeth et al., (2013) quienes observaron a pacientes con hipoperfusión del hemisferio cerebeloso derecho y regiones prefrontales izquierdas que exhibieron sintomatología clínica de afasia y trastornos conductuales e investigaciones sobre el impacto de lesiones en el vermis y paravermis que han cursado con alteraciones del lenguaje con alcances incluso en lectura y escritura, en los cuales se ha considerado la presencia de alexia adquirida asociada a una etiología cerebelosa (Moretti et al., 2002).

Mentalización y Sociabilización

En lo que respecta a la mentalización y sociabilización, María Leggio (2011) ha concebido una hipótesis sobre la consideración de un “cerebelo social”, en la cual se plantea que

este juega un papel crucial en la identificación de las secuencias de movimientos y acciones que brinda a los seres humanos la capacidad de observar las intenciones en los movimientos (es decir, el reflejo) o atribuir estados mentales en otros (es decir, mentalizar) y hacer predicciones sobre el comportamiento social inminente o futuro (Leggio & Molinari, 2015), e incluso fue más allá planteando que el cerebelo es fundamental en la elaboración de patrones de secuenciación, dando cabida a la generación de la "teoría de detección de secuencias" en la cual se consigna esta estructura participa en la detección y simulación de patrones repetitivos de eventos estructurados temporal o espacialmente, independientemente de si constituyen las consecuencias sensoriales de las acciones en la planificación motora, los estímulos sensoriales esperados en la predicción perceptiva o las inferencias de mayor nivel requeridas en la generación de procesos de orden superior como el funcionamiento cognitivo y las experiencias sociales (Leggio et al., 2011; Molinari et al., 2008).

Para esto el cerebelo posee una organización en dominios específicos, lateralizada a la izquierda y con conexiones de proyección desde dicho hemisferio cerebeloso hacia las áreas cerebrales derechas a las que se les ha atribuido el procesamiento de información para estas conductas. Es más se han descrito vías específicas de proyecciones cerebelo-tálamo-cerebro corticales y cortico-ponto-cerebelosos con vías desde y hacia el cerebelo izquierdo (Metoki et al., 2021). Dicha apreciación igualmente fue realizada por Heleven et al. (2018) en un estudio en el que se plantearon como objetivo observar si es que la activación cerebelosa posterior difiere de la ocurrida en la corteza cerebral en donde las falsas creencias desencadenan más activación que las verdaderas y/o si la secuenciación de acciones novedosas de falsa creencia depende de la activación de regiones del cerebelosas posteriores, reportando que durante la generación de órdenes para todos los tipos de eventos sociales hay activación cerebelosa, e incluso frente a la aparición de nuevos eventos sociales que involucran creencias falsas y verdaderas aumenta la activación cerebelosa posterior bilateral en comparación con los eventos sociales y no sociales rutinarios.

En cuanto al procesamiento de posturas y movimientos corporales para la comprensión de emociones, Ferrari et al. (2019) y Oldrati et al. (2021) observaron como estas juegan un rol en la anticipación y manejo de expectativas respecto de eventos sociales. Repararon que en

personas con lesiones cerebelares hay fallos en la generación del orden cronológico correcto de las acciones que representan situaciones complejas, no obstante, para historias repetitivas no sociales y/o guiones sociales aprendidos esta dificultad no se aprecia. En función de lo que concluyeron, el cerebelo se involucra de manera constante y confiable durante los procesos cognitivos naturalistas, activando las regiones Crus I/II posterior, en particular las subregiones HVIIIb/HIX inferiores, las más fuertemente involucradas en el cumplimiento de este rol crítico en la comprensión y construcción del orden correcto de las secuencias de acción relevantes para la comprensión social (Nguyen et al., 2017; Van Overwalle et al., 2020).

Memoria

En cuanto a la memoria se ha planteado que el cerebelo realiza un procesamiento divergente y de decorrelación, es decir disminuye la relación entre algunos estímulos, pero preserva otros, de patrones de inputs superpuestos realizando una separación para que así las representaciones neuronales salientes se identifiquen y seleccionen fácilmente (Cayco-Gajic et al., 2017). Lo que acarrearía una optimización del rendimiento de la memoria al mejorar la capacidad de comparar y precisar elementos de memoria similares en contextos en que se requiere discriminar estímulos, en lugar de generalizarlos. Función que resulta fundamental en momentos en que la dinámica tiende a la fusión de recuerdos similares que han sido mantenidos simultáneamente (Almeida et al., 2015) o el procesamiento de recuerdos en base a pocas clases categóricas (Panichello et al., 2019). Al parecer la relevancia de una tarea aprendida o enseñada puede aumentar selectivamente la precisión del recuerdo (Klyszejko et al., 2014), así como la resolución y separación de las representaciones de elementos de memoria específicos en las cortezas prefrontal y parietal (Panichello & Buschman, 2021). Esta función “separadora”, que acarrea mayor precisión respecto de los recuerdos relevantes, evitaría que los elementos priorizados se fusionen o colapsen en una representación categórica, supuesto que ha sido respaldado a través de investigaciones en que se ha reportado la participación del cerebelo como un elemento en las redes encargadas de la atención visual (Brissenden & Somers, 2019).

Brissenden et al. (2021) describen que el lóbulo VIIb/VIIIa forma parte de una red de memoria de trabajo cerebelo-frontoparietal distribuida para tareas de memoria de trabajo y el procesamiento de información asociada a actividad motora y específica del mantenimiento del

estímulo (Brissenden et al., 2018; Diedrichsen et al., 2019; Ashida et al., 2019). Tomlinson et al., (2014) buscaron examinar si existe una especialización cerebelosa hemisférica inversa para la memoria de trabajo espacial utilizando estimulación TBS y observaron compromiso en el recuerdo de secuencias y una velocidad de respuesta reducida luego de estimular el hemisferio cerebeloso medio izquierdo y lateral izquierdo concluyendo que el procesamiento cerebeloso es adicional al cortical, que está separado del monitoreo de la acción sensoriomotora y desempeña un rol causal en el hemisferio cerebeloso izquierdo para la memoria de trabajo espacial y que además se relaciona con una especialización topográfica de la función en que áreas más centrales se ocupan de la codificación de posición en serie, mientras que las más laterales de la recuperación del recuerdo.

Los hallazgos sugieren que el cerebelo también es parte de un circuito involucrado en la mejora emocional de la memoria episódica, ya que, el vermis cerebeloso posee varias conexiones con regiones cerebrales, incluido el sistema límbico, que están involucradas en funciones emocionales, tales como la percepción, el reconocimiento, el procesamiento emocional y el condicionamiento del miedo. Dentro de este circuito, el cerebelo recibe información de varias regiones cerebrales, incluido el cíngulo, mientras que la amígdala/hipocampo y varias otras regiones del cerebro reciben inputs del cerebelo (Schmahmann, 2019). Por otro lado, se ha recopilado evidencia neuropsicológica de pacientes con lesiones cerebelosas y déficits sutiles de memoria episódica verbal (Gottwald et al., 2004), en pacientes con lesiones vasculares cerebelosas derechas (Hokkanen et al., 2006), al igual que en estudios con tareas de vocabulario en que se aprecia un efecto de memoria específico para palabras procesadas semánticamente y activación cerebelosa bilateral asociada con el éxito de codificación sólo para tareas no semánticas (Fliessbach et al., 2007) y en investigaciones con tareas de procesamiento de estímulos visuales pictóricos en que regiones cerebelosa izquierdas serían las responsables de la codificación y recuperación (Weis et al., 2004).

Atención

Sobre la atención se ha descrito que el cerebelo está involucrado en la modulación de procesos atencionales (Arasanz et al., 2012; Buckner, 2013; Esterman et al., 2017; Schmahmann, 2019). En estudios con personas que presenta el diagnóstico de Trastorno del Espectro Autista

y Trastorno por Déficit Atencional con Hiperactividad se han reportado anomalías morfológicas cerebelosas (Ciesielski et al., 1990; Carper & Courchesne, 2000) al igual que pacientes con patología neurodegenerativa que cursa con compromiso del cerebelo (Lupo et al., 2018) y el rol que se le ha atribuido es la coordinación del pensamiento requerida para realizar cambios en el foco de la atención (Striemer et al., 2015) y en la atención selectiva (Gottwald et al., 2003; Exner et al., 2004). Esto se condice con lo expresado por Manarelli et al. (2019) respecto del rol del cerebelo en el funcionamiento de las redes atencionales, en específico de la red ejecutiva, lo que puede ser complementado con lo reportado en estudios con personas con lesiones cerebelosas en la región Crus II posterior-lateral izquierda región para la cual se han descrito que amplios vínculos con redes corticales involucradas en la atención (Craig et al., 2021).

En cuanto a la organización topográfica de la atención visuoespacial se ha observado que esta ocurre en los lóbulos VIIb/VIIIa, es altamente específica y se refleja de forma directa en la corteza frontal y parietal (Brissenden et al., 2018). Por otro lado, se ha recabado evidencia de que el hemisferio cerebeloso posterior izquierdo es un nodo crítico de una red cerebral extendida para el control de la atención espacial, al menos cuando la atención debe asignarse a un espacio de representación interno y se requiere un cierto grado de manipulación mental (como en tareas de bisección de números) (Ciricugno et al., 2020; Craig et al., 2021).

Arasanz et al. (2012) propusieron observar el fenómeno experimental del parpadeo atencional (*attentional blink*) en cuanto a sus características temporales y la contribución cerebelosa sobre este, así como su contribución funcional y observaron que la red para el control rápido y eficiente de los recursos atencionales durante el parpadeo atencional involucra a la corteza cerebelosa postero-lateral derecha. Por otro lado, regiones cerebelosas que no están estrictamente ligadas al control de movimientos oculares también podrían contribuir a la atención encubierta (*covert attention*) y al parecer regiones laterales y mediales del cerebelo están implicadas en el control de la atención visual reflexiva encubierta y al parecer el proceso se enlentece en personas con lesiones cerebelosas versus controles, lo que estaría asociado a Crus I y Crus II lateral posterior izquierdo (Striemer et al., 2015; Craig et al., 2021).

Funciones Ejecutivas (FE)

Investigaciones sugieren que el cerebelo también puede ser crucial en el procesamiento de funciones de orden superior como las funciones ejecutivas (Strick et al., 2009), no obstante, esta aseveración es rebatida en otros que consigan que lesiones cerebelosas no alteran las funciones ejecutivas sólo las interfiere (Courchesne y Allen, 1997; Baillieux et al., 2008), tal como lo observado en pacientes con lesiones cerebelosas por traumatismo craneoencefálico, quienes exhibieron deficiencias modestas en memoria de trabajo y reconocimiento facial, que sólo fueron detectables cuando también hubo un daño cerebral supratentorial extenso (Beuriat et al., 2020) o en casos de personas que cursaron deterioro leve asociado a patología cerebelosa (Alexander et al., 2012; Manes et al., 2009) o en casos de lesiones corticales cerebelosas focales posterior y sin daño a los núcleos profundos, las cuales no conducen a un deterioro en las FE y el procesamiento de las emociones. Esto sugiere que la corteza cerebelosa puede no ser crítica para las FE, sino más bien, constituir un centro de apoyo en la red neuronal que ejecuta estos comportamientos de orden superior (Grafman et al., 1992; Hokkanen et al., 2006; Beuriat et al., 2020).

Las investigaciones que reportan déficits en las FE consignan que esto se ha observado en pacientes neuroquirúrgicos en los que se observó varios déficits en resolución de problemas, cambio de configuración, inhibición cognitiva y memoria de trabajo (Mak et al., 2016). Por otra parte en pacientes con trastornos neurológicos el compromiso de las FE se ha asociado con un funcionamiento anormal en la corteza prefrontal, corteza cingulada anterior y cerebelo (Alvarez et al., 2006; Stuss et al., 2000) o más aún el que compromiso de regiones cerebelosas puede afectar la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral e indirectamente afectar los procesos de pensamiento y resolución de problemas (Koziol et al., 2012) puesto que la conectividad con la corteza prefrontal (PFC), tiene un papel importante en estas funciones (Cristofori et al., 2019). Leggio et al. (en Mariën, 2017) reportaron casos de personas con lesiones focales y degenerativas cerebelosas, en quienes se afectaron particularmente las fluencias verbales de tipo fonológico por sobre las semánticas o el que estudios con personas con lesiones cerebelosas derechas producen menos palabras en tareas de fluencias verbales que sujetos con lesiones cerebelosas izquierdas (Schweizer et al. 2010), lo que le llevó a sugerir que existe una vía lateralizada para la modulación de tareas verbales asociadas a funciones ejecutivas y dicha vía

involucraría regiones supratentoriales e infratentoriales del cerebelo derecho y la corteza prefrontal izquierda (De Smet et al., 2013).

Síndrome Cerebeloso – Cognitivo - Afectivo (CCAS)

Dentro de las múltiples manifestaciones neuropsicológicas que se han atribuido al cerebelo es llamativa la consideración de la configuración de un síndrome con características clínicas y regiones de afectación cerebelosas específicas a las cuales atribuirles cada uno de estos rasgos distintivos, la referencia corresponde al Síndrome Cerebelar Cognitivo Afectivo de Schmahmann's'' (CCAS/Schmahmann's), el cual implica el padecimiento de una serie de síntomas que han sido agrupados en cuatro áreas: disfunciones ejecutivas, dificultades visoespaciales, trastornos conductuales y alteraciones del lenguaje tales como agramatismos, anomia y afasia (Mariën, 2014a). Se ha delimitado que el CCAS se asocia a lesiones del lóbulo posterior cerebeloso y en los casos en que se agrega el anterior se acompaña de trastornos motores y vestibulares. Para este se ha consignado una alta prevalencia en personas con infartos cerebelosos aislados alcanzado las anomalías cognitivas el 86% y las conductuales-afectivas el 64%. En cuanto a las anomalías afectivo-conductuales que estas son leves y transitorias y el que los síntomas depresivos en el caso que se presenten persistieron en la etapa subaguda y en casos con daño bilateral, la intensidad de los trastornos es mayor (Taskiran-Sag et al. 2020).

En cuanto a las áreas cerebelosas involucradas se ha reseñado que cuando la afectación es preeminentemente cognitiva, el lóbulo cerebeloso posterior es el comprometido (lobulillos, VI, VII y posiblemente el IX); en los casos que se acompañan de dismetría del control motor, el daño se asocia al lóbulo anterior, en particular a los lobulillos III, V y VIII; al diagnóstico de CCAS puede también adicionarse sintomatología relacionada con un síndrome motor y vestibular, cuando la lesión ocurre o incluye el lobulillo X (lóbulo floculonodular) y el que el CCAS también ha sido observado en niños (Mariën, 2014b). Los pacientes con CCAS en ausencia de síndrome motor cerebeloso tienen daño posterior, con lesiones y puntajes significativamente más bajos en lenguaje (p. ej., Crus I y II derecho que se extendía hasta IX), espacial (Crus I bilateral, Crus II y derecho). lóbulo VIII), y medidas de función ejecutiva (lóbulos VII-VIII) (Stoodley et al., 2016) de lo que se puede concluir que los alcance motores y

cognitivos parecen reflejar la interrupción de diferentes bucles cognitivos y motores cerebro-cerebelosos (Zacharia et al., 2019).

La sintomatología característica descrita para el síndrome cognitivo afectivo cerebeloso incluye manifestaciones en funciones ejecutivas (planificación, cambio de set, razonamiento abstracto, fluencias verbales y memoria de trabajo), a menudo con perseveraciones, distractibilidad e inatención, desorganización visoespacial y memoria visoespacial, cambios de personalidad yendo desde el embotamiento a la desinhibición e inadecuación contextual, dificultades para la producción del lenguaje tales como disprosodia, agramatismos, anomia o la configuración de un trastorno afásico. El efecto resultante para las capacidades de la persona implican una disminución general del funcionamiento cognitivo (Schmahmann, 2018).

En lo que atañe al componente afectivo del CCAS se describe que la desregulación emocional puede ser un aspecto prominente. Personas con infartos cerebelosos del vermis y del núcleo fastigio pueden exhibir abruptos episodios de crisis de pánico persistentes, y/o ansiedad aumentada en otros momentos, lo que ha sido atribuido a un aumento excesivo del miedo anticipatorio (Schmahmann, 2018) o en otros estudios que se ha reportado que también dicha sintomatología es resultado de lesiones cerebelosas inespecíficas (Taskiran-Sag et al., 2020). Así mismo se ha descrito el padecimiento de episodios de llanto y risa patológica posteriores a infartos asociados al circuito ponto cerebeloso, como consecuencia de cerebelitis o en enfermedades que generen atrofia de sistemas de dicha estructura. También se ha asociado a alteraciones de la regulación del estado de ánimo, como depresión y de la personalidad o en otros casos sintomatologías que podrían reunir criterios para el diagnóstico de trastornos de déficit atencional con hiperactividad, trastorno obsesivo compulsivo, trastorno bipolar, trastorno del espectro autista, psicosis atípicas, ansiedad y crisis de pánico, así como otras manifestaciones como falta de iniciativa, apatía e irritabilidad, todas estas sintomatologías inducidas por la lesión cerebelosa. En función a lo que Schmahmann (2018) concluye que es innegable el involucramiento del cerebelo en la expresión del control emocional voluntario.

Limitaciones de la revisión

El presente estudio exhibe algunas limitaciones a destacar. Primero, no comprende un meta-análisis de los estudios incluidos, enfocándose en el análisis cualitativo de los datos para el procesamiento de la información. En segundo lugar, el número de bases se limitó a cuatro (PubMed, ScienceDirect, Scopus y Web of Science), mismo número para materia gris, por lo cual, futuras investigaciones deberían ampliar el número para evitar sesgos en la selección e inclusión de artículos. En cuanto al rango etario de la población incluida se consideró el que los participantes fueran adultos, mayores de 18 años, no obstante, para poder describir una estructura es fundamental tener datos igualmente del desarrollo inicial, lo que implicaría incluir grupos de todas las edades y/o igualmente incluyendo otras condiciones de salud sobre las cuales se registre evidencia que pueden estar asociadas a alteraciones cerebelosas.

Aportaciones y lineamientos futuros

Los resultados entregan información de utilidad para la práctica clínica e investigativa, destacando la participación del cerebelo en el funcionamiento cognitivo global de las personas. No obstante, esta asociación de funciones cognitivas a esta estructura que históricamente se consideró sólo tenía implicancias en cuanto a funciones motoras se constituye como antecedente para nuevas investigaciones que consideren la descripción más extensa de las estructuras y vías de asociación con otras regiones cerebrales con la finalidad de detallar el correlato neuroanatómico de dichas funciones. Por otro lado, otro aspecto a desarrollar podría ser la observación de la función que cumple el cerebelo respecto del desarrollo de las funciones cognitivas, puesto que considerando los antecedentes observados, es un área sin explorar que al parecer podría tener alcances de gran relevancia.

El conocimiento de que algunas regiones cerebelosas están especializadas para ciertas tareas cognitivas específicas, como regiones laterales de los hemisferios cerebeloso, o algunos núcleos como el fastigio y el que estos poseen proyecciones de conexión directa con regiones corticales y subcorticales cerebrales, pone de manifiesto la necesidad de desarrollar más investigación para determinar con mayor precisión su función e igualmente la aplicabilidad de este conocimiento para la intervención de personas que en algún momento puedan necesitarla.

Conclusiones

La presente investigación permitió recopilar antecedentes sobre las funciones cognitivas, comunicativas y afectivas que se han asociado al cerebelo y su correlato neural y se desconoce aún la forma en que el cerebelo modula la conducta. Se ha postulado que el rol que cumple se relaciona con establecer una conexión entre los actos motores, los estados de ánimo, la memoria y el lenguaje, entre otros procesos cognitivos. Por lo que de la misma forma que el cerebelo regula la velocidad, fuerza y ritmo de los movimientos, podría ser que el cerebelo modula la consistencia y velocidad de los procesos cognitivos a través de la normalización y corrección de errores y/o codificación de la sorpresa e incongruencias que se presentan durante la realización de procesos mentales complejos como el pensamiento, que finalmente se expresa en la conducta. Para describir esta forma de procesar información se han descrito teorías específicas que buscan delinear de forma general el rol que cumple esta estructura del sistema nervioso central tales como la hipótesis del Transformador Universal y la Dismetría del Pensamiento, las cuales tratan de recoger en sus planteamientos el que la disfunción de esta implica una incoordinación entre la velocidad de los procesos mentales y su ejecución motora. Por tanto, existe evidencia suficiente para afirmar que las distintas subdivisiones funcionales del cerebelo están fuertemente involucradas en procesos cognitivos de la vida real, desempeñando roles específicos a través de una interacción dinámica con regiones de orden superior en la corteza cerebral.

Desde el correlato neural las estructuras filogenéticamente más antiguas del cerebelo como el lóbulo floculonodular, el vermis, los núcleos fastigiales y globoso tienen relación estrecha en el control de emociones y manifestaciones autonómicas, mientras que las áreas más complejas y evolucionadas están involucradas con el aprendizaje, la planificación motora y el lenguaje. En específico el lóbulo anterior regula funciones motoras, el lóbulo posterior, en su subdivisión postero-superior, en particular las regiones laterales Crus I/II de los lóbulos VIIa y VIIb se asociaría a funciones cognitivo-comunicativas, en su sección postero-inferior funciones afectivas y el lóbulo floculonodular equilibrio y funciones vestibulares. Igualmente se han descrito múltiples vías de aferencias y eferencias cerebelosas, corticales cerebrales y subcorticales cerebrales como el lóbulo frontal derecho, el hipocampo izquierdo, el giro

cingulado derecho y áreas cerebelosas posteriores. En particular afectación del hipocampo izquierdo y el cingulado derecho juegan un rol fundamental en las alteraciones cognitivas. La topografía funcional del cerebelo refleja la participación de diferentes circuitos cerebro-cerebelosos dependiendo de las demandas de la tarea: el movimiento manifiesto activa cortezas sensoriomotoras junto con los lóbulos cerebelosos contralaterales IV-VI y VIII, mientras que tareas más demandantes cognitivamente involucran corteza prefrontal, parietal y los lóbulos cerebelosos VI y VII.

Finalmente, estudios de imagen funcional han ayudado a corroborar la relación del cerebelo con procesos de memoria y han encontrado una activación selectiva de las regiones laterales durante el aprendizaje activo, de memoria y de lenguaje, describiéndose incluso la presentación de numerosos síndromes cognitivos asociados a compromiso de estructuras cerebelosas, tales como trastornos semejantes a síndromes frontales, deficiencias de memoria, afasia e incluso la descripción de un cuadro específico como el síndrome cerebeloso cognitivo afectivo de Schmahmann's con un perfil de presentación específico y particular. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para el campo de la fonoaudiología, ya que destacan la relevancia del cerebelo en el desarrollo y tratamiento de trastornos del lenguaje, memoria y otros aspectos cognitivos. Comprender la función del cerebelo en estos procesos puede contribuir a la identificación temprana de alteraciones, así como al diseño de intervenciones terapéuticas más efectivas y personalizadas para abordar estas dificultades.

Referencias

- Ahmadian, N., Van Baarsen K., Van Zandvoort, M., & Robe, P. (2019) The Cerebellar Cognitive Affective Syndrome—a Meta-analysis, 18, 941–950. <https://doi.org/10.1007/s12311-019-01060-2>
- Alexander, M., Gillingham, S., Schweizer, T., Stuss, D. (2012) Cognitive impairments due to focal cerebellar injuries in adults. *Cortex*, 48, 980-990. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.03.012>
- Almeida, R., Barbosa, J., & Compte, A. (2015). Neural circuit basis of visuo-spatial working memory precision: a computational and behavioral study. *Journal of neurophysiology*, 114(3), 1806–1818. <https://doi.org/10.1152/jn.00362.2015>
- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychology review*, 16(1), 17–42. <https://doi.org/10.1007/s11065-006-9002-x>
- Arasanz, C., Staines, R., Schweizer, T. (2012) Isolating a cerebellar contribution to rapid visual attention using transcranial magnetic stimulation. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 6(55), 1-6. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2012.00055>
- Argyropoulos, G., Muggleton, N. (2013). Effects of cerebellar stimulation on processing semantic associations. *Cerebellum*, 12(1), 83-96. <https://doi.org/10.1007/s12311-012-0398-y>
- Ashida, R., Cerminara, N., Edwards, R., Apps, R., Brooks, J. (2019). Sensorimotor, language, and working memory representation within the human cerebellum. *Human Brain Mapping*, 40(16), 4732-4747. <https://doi.org/10.1002/hbm.24733>
- Baillieux, H., De Smet, H. J., Paquier, P. F., De Deyn, P. P., & Mariën, P. (2008). Cerebellar neurocognition: insights into the bottom of the brain. *Clinical neurology and neurosurgery*, 110(8), 763–773. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2008.05.013>
- Beuriat, P. A., Cohen-Zimmerman, S., Smith, G., Krueger, F., Gordon, B., & Grafman, J. (2020). A New Insight on the Role of the Cerebellum for Executive Functions and Emotion Processing in Adults. *Frontiers in neurology*, 11, 593490. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.593490>
- Bolceková, E., Mojzeš, M., Van Tran, Q., Kukal, J., Ostrý, S., Kulišták, P., Rusina, R. (2017) Cognitive impairment in cerebellar lesions: A logit model based on neuropsychological testing. *Cerebellum and Ataxias*, 4(13), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40673-017-0071-9>
- Buckner R. L. (2013). The cerebellum and cognitive function: 25 years of insight from anatomy and neuroimaging. *Neuron*, 80(3), 807–815. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.10.044>
- Brissenden, J. A., Tobyne, S. M., Halko, M. A., & Somers, D. C. (2021). Stimulus-Specific Visual Working Memory Representations in Human Cerebellar Lobule VIIb/VIIIa. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 41(5), 1033–1045. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1253-20.2020>
- Brissenden, J. A., & Somers, D. C. (2019). Cortico-cerebellar networks for visual attention and working memory. *Current opinion in psychology*, 29, 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.05.003>
- Brissenden, J., Tobyne, S., Osher, D., Levin, E., Halko, M., Somers, D. (2018) Topographic Cortico-cerebellar Networks Revealed by Visual Attention and Working Memory. *Current Biology*, 28(21), 3364-3372. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.08.059>

- Carper, R. A., & Courchesne, E. (2000). Inverse correlation between frontal lobe and cerebellum sizes in children with autism. *Brain: a journal of neurology*, 123 (4), 836–844. <https://doi.org/10.1093/brain/123.4.836>
- Castellazzi, G., Bruno, S.D., Toosy, A.T., Casiraghi, L., Palesi, F., Savini, G., D'Angelo, E. & Wheeler-Kingshott, C.A.M.G. (2018) Prominent Changes in Cerebro-Cerebellar Functional Connectivity During Continuous Cognitive Processing. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 12(331), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fncel.2018.00331>
- Cayco-Gajic, N. A., Clopath, C., & Silver, R. A. (2017). Sparse synaptic connectivity is required for decorrelation and pattern separation in feedforward networks. *Nature communications*, 8(1), 1116. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01109-y>
- Chen, S. H., & Desmond, J. E. (2005). Cerebrocerebellar networks during articulatory rehearsal and verbal working memory tasks. *NeuroImage*, 24(2), 332–338. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.08.032>
- Chirino-Pérez, A., Marrufo-Meléndez, O., Muñoz-López, J., Hernández-Castillo, C., Ramírez-García, G., Díaz, R., Núñez-Orozco, L., Fernández-Ruiz, J. (2021) Mapping the Cerebellar Cognitive Affective Syndrome in Patients with Chronic Cerebellar Strokes. *The Cerebellum*. <https://doi.org/10.1007/s12311-021-01290-3>
- Ciesielski, K. T., Courchesne, E., & Elmasian, R. (1990). Effects of focused selective attention tasks on event-related potentials in autistic and normal individuals. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 75(3), 207–220. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(90\)90174-i](https://doi.org/10.1016/0013-4694(90)90174-i)
- Ciricugno, A., Ferrari, C., Rusconi, M. L., & Cattaneo, Z. (2020). The left posterior cerebellum is involved in orienting attention along the mental number line: An online-TMS study. *Neuropsychologia*, 143, 107497. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107497>
- Cooke, A., Smith, D., & Booth, A. (2012). Beyond PICO: the SPIDER tool for qualitative evidence synthesis. *Qualitative health research*, 22(10), 1435–1443. <https://doi.org/10.1177/1049732312452938>
- Courchesne, E., & Allen, G. (1997). Prediction and preparation, fundamental functions of the cerebellum. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 4(1), 1–35. <https://doi.org/10.1101/lm.4.1.1>
- Craig, B. T., Morrill, A., Anderson, B., Danckert, J., & Striemer, C. L. (2021). Cerebellar lesions disrupt spatial and temporal visual attention. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 139, 27–42. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.02.019>
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., & Grafman, J. (2019). Executive functions. *Handbook of clinical neurology*, 163, 197–219. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00011-2>
- Dave, S., Van Haerents, S., Voss, J. (2020) Cerebellar Theta and Beta Noninvasive Stimulation Rhythms Differentially Influence Episodic Memory versus Semantic Prediction. *The Journal of neuroscience*, 40(38), 7300-7310. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0595-20.2020>
- Desmond, J. E., Chen, S. H., & Shieh, P. B. (2005). Cerebellar transcranial magnetic stimulation impairs verbal working memory. *Annals of neurology*, 58(4), 553–560. <https://doi.org/10.1002/ana.20604>

- D'Mello, A., Gabrieli, J., Nee, D. (2020) Evidence for Hierarchical Cognitive Control in the Human Cerebellum. *Current Biology*, 30,1881-1892.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.028>
- Diedrichsen, J., King, M., Hernandez-Castillo, C., Sereno, M., & Ivry, R. B. (2019). Universal Transform or Multiple Functionality? Understanding the Contribution of the Human Cerebellum across Task Domains. *Neuron*, 102(5), 918–928.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.04.021>
- De Smet, H. J., Paquier, P., Verhoeven, J., & Mariën, P. (2013). The cerebellum: its role in language and related cognitive and affective functions. *Brain and language*, 127(3), 334–342. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.11.001>
- Esterman, M., Thai, M., Okabe, H., DeGutis, J., Saad, E., Laganieri, S. E., & Halko, M. A. (2017). Network-targeted cerebellar transcranial magnetic stimulation improves attentional control. *NeuroImage*, 156, 190–198.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.05.011>
- Exner, C., Weniger, G., & Irle, E. (2004). Cerebellar lesions in the PICA but not SCA territory impair cognition. *Neurology*, 63(11), 2132–2135.
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000146197.44568.cd>
- Fan, L., Hu, J., Ma, W., Wang, D., Yao, Q., Shi, J. (2019) Altered baseline activity and connectivity associated with cognitive impairment following acute cerebellar infarction: A resting-state fMRI study. *Neuroscience Letter*, 692, 199-203.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.11.007>
- Fastenrath, M., Spalek, K., Coynel, D., Loos, E., Milnik, A., Egli, T., Schicktz, N., Geissmann, L., Roozendaal, B., Papassotiropoulos, A., & de Quervain, D. J. (2022). Human cerebellum and corticocerebellar connections involved in emotional memory enhancement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(41), e2204900119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2204900119>
- Ferrari, C., Ciricugno, A., Urgesi, C., Cattaneo, Z. (2019) Cerebellar contribution to emotional body language perception: a TMS study. *Social Cognition and Affective Neuroscience*, 1-10. <https://doi.org/10.1093/scan/nsz074>
- Fliessbach, K., Trautner, P., Quesada, C. M., Elger, C. E., & Weber, B. (2007). Cerebellar contributions to episodic memory encoding as revealed by fMRI. *NeuroImage*, 35(3), 1330–1337. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.02.004>
- Gatti, D., Vecchi, T., Mazzoni, G. (2021) Cerebellum and semantic memory: A TMS study using the DRM paradigm. *Cortex*, 135, 78-91.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.11.017>
- Gatti, D., Van Vugt, F., Vecchi, T. (2020) A causal role for the cerebellum in semantic integration: a transcranial magnetic stimulation study. *Nature*, 10, 1-12.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-75287-z>
- Geurts, F. J., De Schutter, E., & Dieudonné, S. (2003). Unraveling the cerebellar cortex: cytology and cellular physiology of large-sized interneurons in the granular layer. *Cerebellum* (London, England), 2(4), 290–299.
<https://doi.org/10.1080/14734220310011948>
- Geva, S., Schneider, L., Roberts, S., Khan, S., Gajardo-Vidal, A., Lorca-Puls, D., PLORAS team, Hope, T., Green, D., Price, C. (2021) Right cerebral motor areas that support accurate speech production following damage to cerebellar speech areas. *NeuroImage: Clinical*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2021.102820>

- Gottwald, B., Wilde, B., Mihajlovic, Z., & Mehdorn, H. M. (2004). Evidence for distinct cognitive deficits after focal cerebellar lesions. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 75(11), 1524–1531. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2003.018093>
- Gottwald, B., Mihajlovic, Z., Wilde, B., & Mehdorn, H. M. (2003). Does the cerebellum contribute to specific aspects of attention?. *Neuropsychologia*, 41(11), 1452–1460. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(03\)00090-3](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(03)00090-3)
- Grafman, J., Litvan, I., Massaquoi, S., Stewart, M., Sirigu, A., & Hallett, M. (1992). Cognitive planning deficit in patients with cerebellar atrophy. *Neurology*, 42(8), 1493–1496. <https://doi.org/10.1212/wnl.42.8.1493>
- Guell, X., Gabriel, J., & Schmahmann, G. (2019). Triple representation of language, working memory, social and emotion processing in the cerebellum: convergent evidence from task and seed-based resting-state fMRI analyses in a single large cohort. *Neuroimage*, 15(172), 437–449. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.01.082>
- Guell, X., Gabrieli, J., Schmahmann, J. (2018) Triple representation of language, working memory, social and emotion processing in the cerebellum: convergent evidence from task and seed-based resting-state fMRI analyses in a single large cohort. *Neuroimage*, 172, 437–449. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.01.082>
- Guell, X., Hoche, F., & Schmahmann, J. D. (2015). Metalinguistic deficits in patients with cerebellar dysfunction: empirical support for the dysmetria of thought theory. *Cerebellum (London, England)*, 14(1), 50–58. <https://doi.org/10.1007/s12311-014-0630-z>
- Heleven, E., Van Dun, K., Van Overwalle, F. (2018) The posterior Cerebellum is involved in constructing Social Action Sequences: An fMRI Study. *Nature*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46962-7>
- Hokkanen, L. S., Kauranen, V., Roine, R. O., Salonen, O., & Kotila, M. (2006). Subtle cognitive deficits after cerebellar infarcts. *European journal of neurology*, 13(2), 161–170. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2006.01157.x>
- Indefrey, P. (2018). The Relationship Between Syntactic Production and Comprehension. En Rueschemeyer, S.A. & Gaskell, G. *The Oxford Handbook of Psycholinguistics* (2 ed.) <https://doi.org/10.1093/OXFORDHOB/9780198786825.013.20>
- Klyszejko, Z., Rahmati, M., & Curtis, C. E. (2014). Attentional priority determines working memory precision. *Vision research*, 105, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2014.09.002>
- Kotz, S., Stockert, A., Schwartz, M. (2014). Cerebellum, temporal predictability and the updating of a mental model. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 369(1658). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0403>
- Koziol, L. F., Budding, D. E., & Chidekel, D. (2012). From movement to thought: executive function, embodied cognition, and the cerebellum. *Cerebellum (London, England)*, 11(2), 505–525. <https://doi.org/10.1007/s12311-011-0321-y>
- Küper, M., Dimitrova, A., Thürling, M., Maderwald, S., Roths, J., Elles, H.G., Gizewski, E.R., Ladd, M.E., Diedrichsen, J., Timmann, D. (2011) Evidence for a motor and a non-motor domain in the human dentate nucleus - An fMRI study. *Neuroimage*, 54(4), 2612–2622 <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.028>
- Leggio, M., & Molinari, M. (2015). Cerebellar sequencing: a trick for predicting the future. *Cerebellum (London, England)*, 14(1), 35–38. <https://doi.org/10.1007/s12311-014-0616-x>

- Leggio, M. G., Chiricozzi, F. R., Clausi, S., Tedesco, A. M., & Molinari, M. (2011). The neuropsychological profile of cerebellar damage: The sequencing hypothesis. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 47(1), 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2009.08.011>
- Lesage, E., Hansen, P., Miall, C. (2017) Right Lateral Cerebellum Represents Linguistic Predictability. *The Journal of Neuroscience*. 37(26), 6231-6241. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3203-16.2017>
- Lesage E., Nailer E., Miall R. (2016) Cerebellar BOLD signal during the acquisition of a new lexicon predicts its early consolidation. *Brain & Language*, 161, 33-44. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2015.07.005>
- Lesage, E., Morgan, B., Olson, A., Meyer, A., Miall, C. (2012) Cerebellar rTMS disrupts predictive language processing. *Current Biology*, 22(8), R794-R795. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.07.006>
- Lupo, M., Olivito, G., Iacobacci, C., Clausi, S., Romano, S., Masciullo, M., Molinari, M., Cercignani, M., Bozzali, M., & Leggio, M. (2018). The cerebellar topography of attention sub-components in spinocerebellar ataxia type 2. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 108, 35–49. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.07.011>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, L., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E.,... Mohler, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372(71) 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Panichello, M. F., & Buschman, T. J. (2021). Shared mechanisms underlie the control of working memory and attention. *Nature*, 592(7855), 601–605. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03390-w>
- Macher, K., Böhringer, A., Villringer, A., Pleger, B. (2014) Cerebellar-parietal connections underpin phonological storage. *The Journal of Neuroscience*, 34(14), 5029-5037. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0106-14.2014>
- Mak, M., Tyburski, E., Madany, Ł., Sokołowski, A., & Samochowiec, A. (2016). Executive Function Deficits in Patients after Cerebellar Neurosurgery. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 22(1), 47–57. <https://doi.org/10.1017/S1355617715001174>
- Manes, F., Villamil, A. R., Ameriso, S., Roca, M., & Torralva, T. (2009). "Real life" executive deficits in patients with focal vascular lesions affecting the cerebellum. *Journal of the neurological sciences*, 283(1-2), 95–98. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2009.02.316>
- Mannarelli, D., Pauletti, C., Currà, A., Marinelli, L., Corrado, A., Delle Chiaie, R., & Fattapposta, F. (2019). The Cerebellum Modulates Attention Network Functioning: Evidence from a Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation and Attention Network Test Study. *Cerebellum (London, England)*, 18(3), 457–468. <https://doi.org/10.1007/s12311-019-01014-8>
- Manterola, C., y Oyzen, T. (2015) Los Sesgos en Investigación Clínica. *International Journal of Morphology*, 33(3), 1156-1164. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000300056>
- Manterola, C., Asenjo-Lobos, C. y Otzen T. (2014) Jerarquización de la evidencia. Niveles de evidencia y recomendación de uso actual. *Revista Chilena Infectología*, 31(6), 705-718. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182014000600011>

- Marangolo, P., Fiori, V., Caltagirone, C., Pisano, F., Priori, A. (2017) Transcranial Cerebellar Direct Current Stimulation Enhances Verb Generation but Not Verb Naming in Poststroke Aphasia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(2), 188-199. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01201
- Mariën, P. (2017). A Role for the Cerebellum in Language and Related Cognitive and Affective Functions. En: Mody, M. (eds) *Neural Mechanisms of Language. Innovations in Cognitive Neuroscience*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7325-5_9
- Mariën, P., Scaerens, J., Nanhoe, R., Moens, E., Nagels, G., Pickut, B. A., Dierckx, R. A., & De Deyn, P. P. (1996). Cerebellar induced aphasia: case report of cerebellar induced prefrontal aphasic language phenomena supported by SPECT findings. *Journal of the neurological sciences*, 144(1-2), 34–43. [https://doi.org/10.1016/s0022-510x\(96\)00059](https://doi.org/10.1016/s0022-510x(96)00059)
- Mariën P., Beaton A. (2014a). The enigmatic linguistic cerebellum: clinical relevance and unanswered questions on nonmotor speech and language deficits in cerebellar disorders. *Cerebellum & Ataxias*, 1(12), 1-6. <http://doi.org/10.1186/2053-8871-1-12>
- Mariën P., Ackermann H., Adamaszek M., Barwood C., Beaton A., Desmond J., De Witte E., Fawcett A., Hertricht I., Küper M., Leggio M., Marvel Ch., Molinari M., Murdoch B., Nicolson R., Schmahmann J., Stoodley C., Thürling M., Timmann D., Wouters E., Ziegler W. (2014b). Consensus Paper: Language and the Cerebellum: an ongoing enigma. *Cerebellum*, 13, 386–410. <https://doi.org/10.1007/s12311-013-0540-5>
- Mariën, P., Engelborghs, S., Pickut, B.A., De Deyn, P.P. (2000). Aphasia following cerebellar damage: fact or fallacy?. *Journal of Neurolinguistics*, 13(2-3), 145-171. [https://doi.org/10.1016/S0911-6044\(00\)00009-9](https://doi.org/10.1016/S0911-6044(00)00009-9)
- Metoki, A., Wang, Y., Olson, I. (2021) The Social Cerebellum: A Large-Scale Investigation of Functional and Structural Specificity and Connectivity. *Cerebral Cortex*, 1-17. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhab260>
- Moberget, T., Hilland-Gullesen, E., Andersson, S., Ivry, R., Endestad, T. (2014) Generalized Role for the Cerebellum in Encoding Internal Models: Evidence from Semantic Processing. *The Journal of Neuroscience*, 34(8), 2871-2878. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2264-13.2014>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Plos Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Molinari, M., Masciullo, M., Bulgheroni, S., D' Arrigo, S., Riva, D. (2018) The Cerebellum: From Embryology to Diagnostic Investigations. En Manto, M. y T.A.G.M. Huisman (ed.) *Handbook of Clinical Neurology* (3era ed. 167-180) <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63956-1.00010-2>
- Molinari, M., Chiricozzi, F. R., Clausi, S., Tedesco, A. M., De Lisa, M., & Leggio, M. G. (2008). Cerebellum and detection of sequences, from perception to cognition. *Cerebellum (London, England)*, 7(4), 611–615. <https://doi.org/10.1007/s12311-008-0060-x>
- Murdoch, B. E., & Whelan, B. M. (2007). Language disorders subsequent to left cerebellar lesions: a case for bilateral cerebellar involvement in language?. *Folia phoniatrica et logopaedica : official organ of the International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP)*, 59(4), 184–189. <https://doi.org/10.1159/000102930>

- Narain, D., Remington, E. D., Zeeuw, C. I., & Jazayeri, M. (2018). A cerebellar mechanism for learning prior distributions of time intervals. *Nature communications*, 9(1), 469. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02516-x>
- Nguyen, T., Sonkusare, S., Stadler, J., Hu, X., Breakspear, M., Cong Guo, C. (2017) Distinct Cerebellar Contributions to Cognitive-Perceptual Dynamics During Natural Viewing. *Cerebral Cortex*, 27, 5652-5662. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw334>
- Oldrati, V., Ferrari, E., Butti, N., Cattaneo, Z., Borgatti, R., Urgesi, C., Finisguerra, A. (2021) How social is the cerebellum? Exploring the effects of cerebellar transcranial direct current stimulation on the prediction of social and physical events. *Brain Structure and Function*, 226, 671-684. <https://doi.org/10.1007/s00429-020-02198-0>
- Parrell, B., Agnew, Z., Nagarajan, S., Houde, J., & Ivry, R. B. (2017). Impaired Feedforward Control and Enhanced Feedback Control of Speech in Patients with Cerebellar Degeneration. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 37(38), 9249–9258. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3363-16.2017>
- Price, A., Peelle, J., Bonner, M., Grossman, M. & Hamilton, R. (2016) Causal evidence for a mechanism of semantic integration in the angular gyrus as revealed by high-definition transcranial direct current stimulation. *Journal of Neuroscience*, 36, 3829-3838. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3120-15.2016>
- Pope P. & Miall R., “Task-specific facilitation of cognition by cathodal transcranial direct current stimulation of the cerebellum,” *Brain Stimulation*, 5(2), 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2012.03.006>
- Pu, M., Ma, Q., Heleven, E., Patemoshela, N., Van Overwalle, F. (2021) The posterior cerebellum and inconsistent trait implications when learning the sequence of actions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 16(7), 696-706. <https://doi.org/10.1093/scan/nsab037>
- Rice, L., D’Mello, A., Stoodley, C. (2021) Differential Behavioral and Neural Effects of Regional Cerebellar tDCS. *Neuroscience*, 462, 288-302. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.03.008>
- Runnquist, E., Bonnard, M., Gauvin, H., Attarian, S., Trébuchon, A., Hartsuiker, R., Xavier-Alario, F. (2016) Cerebellar BOLD signal during the acquisition of a new lexicon predicts its early consolidation. *Cortex*, 81, 203-214. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2015.07.005>
- Schmahmann, J. D., Guell, X., Stoodley, C. J., & Halko, M. A. (2019). The Theory and Neuroscience of Cerebellar Cognition. *Annual review of neuroscience*, 42, 337–364. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-070918-050258>
- Schmahmann J. D. (2019). The cerebellum and cognition. *Neuroscience letters*, 688, 62–75. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.07.005>
- Schmahmann J.D. (2010) The role of the cerebellum in cognition and emotion: personal reflections since 1982 on the dysmetria of thought hypothesis, and its historical evolution from theory to therapy. *Neuropsychology Review*, 20(3), 236–260. <https://doi.org/10.1007/s11065-010-9142-x>
- Schmahmann, J. D., Weilburg, J. B., & Sherman, J. C. (2007). The neuropsychiatry of the cerebellum - insights from the clinic. *Cerebellum (London, England)*, 6(3), 254–267. <https://doi.org/10.1080/14734220701490995>
- Schmahmann J. D. (1996). From movement to thought: anatomic substrates of the cerebellar contribution to cognitive processing. *Human brain mapping*, 4(3), 174–198. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0193\(1996\)4:3<174::AID-HBM3>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0193(1996)4:3<174::AID-HBM3>3.0.CO;2-0)

- Schweizer, T. A., Levine, B., Rewilak, D., O'Connor, C., Turner, G., Alexander, M. P., Cusimano, M., Manly, T., Robertson, I. H., & Stuss, D. T. (2008). Rehabilitation of executive functioning after focal damage to the cerebellum. *Neurorehabilitation and neural repair*, 22(1), 72–77. <https://doi.org/10.1177/1545968307305303>
- Spielmann, K., Van der Vliet, R., Van de Sandt-Koendermann, W., Frens, M., Ribbers, G., Selles, R., Van Vugt, S., Van der Geest, J., Holland, P. (2017) Cerebellar Cathodal Transcranial Direct Stimulation and Performance on a Verb Generation Task: A Replication Study. *Neural Plasticity*, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2017/1254615>
- Stoodley, A., MacMore, J., Makris, N., Sherman, J., Schmahmann, J. (2016) Location of lesion determines motor vs. cognitive consequences in patients with cerebellar stroke. *Neuroimage Clinical*, 12, 765-775. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.10.013>
- Stoodley, C., Valera, E., Schmahmann, J. (2012) Functional topography of the cerebellum for motor and cognitive tasks: An fMRI study. *Neuroimage*, 59(2), 1560-1570. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.08.065>
- Striener, C. L., Cantelmi, D., Cusimano, M. D., Dankert, J. A., & Schweizer, T. A. (2015). Deficits in reflexive covert attention following cerebellar injury. *Frontiers in human neuroscience*, 9(428). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00428>
- Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., Murphy, K. J., & Izukawa, D. (2000). Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage: effects of lesion location and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia*, 38(4), 388–402. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00093-7)
- Strick, P. L., Dum, R. P., & Fiez, J. A. (2009). Cerebellum and nonmotor function. *Annual review of neuroscience*, 32, 413–434. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.31.060407.125606>
- Taskiran-Sag A., Uzuncakmak Uyanik H., Ahmet Uyanik S., Oztekin N. (2020) Prospective investigation of cerebellar cognitive affective syndrome in a previously non-demented population of acute cerebellar stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Disease*, 29(8), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104923>
- Thoma, P., Bauser, D.S., Suchan, B. (2013). BESST (Bochum Emotional Stimulus Set)-a pilot validation study of a stimulus set containing emotional bodies and faces from frontal and averted views. *Psychiatry Research*, 209(1), 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2012.11.012>
- Tomlinson, S., Davis, N., Morgan, H., Martyn-Bracewell, R. (2014) Cerebellar contributions to spatial memory. *Neuroscience Letters*, 578, 182-186. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2014.06.057>
- Van Overwalle, F., Manto, M., Cattaneo, Z., Clausi, S., Ferrari, C., Gabrieli, J., Guell, X., Heleven, E., Lupo, M., Ma, Q., Michelutti, M., Olivito, G., Pu, M., Rice, L. C., Schmahmann, J. D., Siciliano, L., Sokolov, A. A., Stoodley, C. J., van Dun, K., Vandervert, L., ... Leggio, M. (2020). Consensus Paper: Cerebellum and Social Cognition. *Cerebellum (London, England)*, 19(6), 833–868. <https://doi.org/10.1007/s12311-020-01155-1>
- Wang, D., Yao, Q., Yu, M., Xiao, C., Fan, L., Lin, X., Zhu, D., Tian, M., Shi, J. (2019) Topological disruption of structural brain networks in patients with cognitive impairment following cerebellar infarction. *Frontiers in Neurology*, 10(759), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00759>

- Wibro, M., Rochat, P., Juhler, M. (2018) Cerebellar Mutism Syndrome and Other Complications in Adults after Surgery in the Posterior Fossa in Adults: A Prospective Study. *World Neurosurgery*, 110, E738-E746. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.11.100>
- Weis, S., Klaver, P., Reul, J., Elger, C. E., & Fernández, G. (2004). Temporal and cerebellar brain regions that support both declarative memory formation and retrieval. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 14(3), 256–267. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhg125>
- Whiting, P. F., Rutjes, A. W., Westwood, M. E., Mallett, S., Deeks, J. J., Reitsma, J. B., Leeflang, M. M., Sterne, J. A., Bossuyt, P. M., & QUADAS-2 Group (2011). QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Annals of internal medicine*, 155(8), 529–536. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>
- Yang, Z., Wu, P., Weng, X., Bandettini, P. (2014) Cerebellum engages in automation of verb-generation skill. *Journal of Integrative Neuroscience*, 13(1), 1-17. <https://doi.org/10.1142/S0219635214500010>
- Zacharia, T., Eslinger, P. (2019) Functional MRI activation patterns of cerebellum in patients with epilepsy and brain tumors. *Clinical Anatomy*, 32(8), 1053-1060. <https://doi.org/10.1002/ca.23439>

Apéndice A. Tabla Valoración del Nivel de Evidencia y Grado de Recomendación OCEBM (2009)

	Autores	GR	NE
1	Geva et al., (2021)	B	3b
2	Rice et al., (2021)	B	2b
3	Pu et al., (2021)	B	2c
4	Gatti et al., (2021)	B	2b
5	Metoki et al., (2021)	B	2c
6	Oldrati et al., (2021)	A	1b
7	Chirino et al., (2021)	B	2c
8	Dave et al., (2020)	A	1b
9	D'Mello et al., (2020)	B	2c
10	Taskiran et al., (2020)	B	2b
11	Gatti et al., (2020)	A	1b
12	Ferrari et al., (2019)	A	1b
13	Ashida et al., (2019)	B	2c
14	Fan et al., (2019)	B	2c
15	Wang et al., (2019)	B	2c
16	Zacharia T. y Eslinger P. (2019)	B	3b
17	Guell X., Gabrieli J., Schmähmann J. (2018)	B	2c
18	Heleven E., Van Dun K., Van Overwalle F. (2018)	B	2c
19	Castellazzi et al., (2018)	B	2c
20	Brissenden et al., (2018)	B	2c
21	Lesage E., Hansen P., Miall C. (2017)	B	2c
22	Nguyen et al., (2017)	B	2c
23	Spielmann et al., (2017)	A	1b
24	Runnquist et al., (2016)	A	1b
25	Lesage et al., (2016)	B	2c
26	Stoodley et al., (2016)	B	2c
27	Striener et al., (2015)	B	2c
28	Macher K., Böhringer A., Villringer A., Pleger B. (2014)	A	1b
29	Moberget et al., (2014)	B	2c
30	Tomlinson et al., (2014)	A	1b
31	Yang Z., Wu P., Weng X., Bandettini P. (2014)	B	2c
32	Kotz S., Stockert A., Schwartz M. (2014)	B	2c
33	Argyropoulos G., Muggleton N. (2013)	A	1b
34	Stoodley C., Valera E., Schmähmann J. (2012)	B	2c
35	Arasanz C., Staines R., Schweizer T. (2012)	A	1b
36	Alexander et al., (2012)	B	2c
37	Lesage et al., (2012)	A	1b
38	Küper et al., (2011)	B	2c

NOTA: GR. Grado de recomendación. NE: Nivel de Evidencia.

Apéndice B. Tabla Valoración de Sesgo Quadas-2 (2015)

ESTUDIOS		Probabilidad de Sesgo				Preocupación aplicabilidad de los resultados		
		1	2	3	4	1	2	3
1	Geva et al., (2021)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
2	Rice et al., (2021)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
3	Pu et al., (2021)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
4	Gatti et al., (2021)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
5	Metoki et al., (2021)	RB	RB	NA	RI	RB	RI	NA
6	Oldrati et al., (2021)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
7	Chirino et al., (2021)	RB	RB	NA	RB	RI	RB	NA
8	Dave et al., (2020)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
9	D'Mello et al., (2020)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
10	Taskiran et al., (2020)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
11	Gatti et al., (2020)	RB	RB	NA	RB	RB	RI	NA
12	Ferrari et al., (2019)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
13	Ashida et al., (2019)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
14	Fan et al., (2019)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
15	Wang et al., (2019)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
16	Zacharia T. y Eslinger P. (2019)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
17	Guell X., Gabrieli J., Schmähmann J. (2018)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
18	Heleven E., Van Dun K., Van Overwalle F. (2018)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
19	Castellazzi et al., (2018)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
20	Brissenden et al., (2018)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
21	Lesage E., Hansen P., Miall C. (2017)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
22	Nguyen et al., (2017)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
23	Spielmann et al., (2017)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
24	Runnquist et al., (2016)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
25	Lesage et al., (2016)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
26	Stoodley et al., (2016)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
27	Striemer et al., (2015)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
28	Macher K., Böhringer A., Villringer A., Pleger B. (2014)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
29	Moberget et al., (2014)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
30	Tomlinson et al., (2014)	RB	RI	NA	RB	RI	RI	NA
31	Yang Z., Wu P., Weng X., Bandettini P. (2014)	RB	RI	NA	RB	RI	RI	NA
32	Kotz S., Stockert A., Schwartze M. (2014)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA

33	Argyropoulos G., Muggleton N. (2013)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
34	Stoodley C., Valera E., Schmahmann J. (2012)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
35	Arasanz C., Staines R., Schweizer T. (2012)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
36	Alexander et al., (2012)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA
37	Lesage et al., (2012)	RB	RB	NA	RI	RI	RI	NA
38	Küper et al., (2011)	RB	RB	NA	RB	RI	RI	NA

NOTA: 😊 Probabilidad de Riesgo Bajo (RB); ☹ Probabilidad de Riesgo Alto (RA); ? Probabilidad de Riesgo Incierto (RI); NA. No aplica; Probabilidad de Sesgo (1. Selección de individuos, 2. Prueba Índice, 3. Prueba de Referencia, 4 Flujos de Tiempos); Preocupación sobre la aplicabilidad de los resultados (1. Selección de pacientes, 2. Prueba Índice, 3. Prueba de Referencia)

Apéndice 3. Search strings for all databases in the systematic review.**Table 1. Search strings for PubMed**

1 “cerebellum” AND “cognition” AND “language”
2 “language” OR “memory” OR “attention” OR “” OR “executive function OR “cognitive function” OR “neuropsychological assessment” OR “neuroimaging biomarkers” OR “aphasia” OR “cerebellar cognitive affective syndrome”
3 #1 AND #2
4 All fields: Articles type: Journal Article
5 FILTER: Species: Humans
6 FILTER: Language: English - Spanish
7 FILTER: Age: 18 years old or more
8 FILTER: 2011 – 2021

Table 2. Search strings for ScienceDirect

1 “cerebellum” AND “cognition” AND “language”
2 “language” OR “memory” OR “attention” OR “” OR “executive function OR “cognitive function” OR “neuropsychological assessment” OR “neuroimaging biomarkers” OR “aphasia” OR “cerebellar cognitive affective syndrome”
3 #1 AND #2
4 All fields: Journals
5 FILTER: Years: 2011 – 2021

Table 3. Search strings for Scopus

1 “cerebellum” AND “cognition” AND “language”
2 “language” OR “memory” OR “attention” OR “” OR “executive function OR “cognitive function” OR “neuropsychological assessment” OR “neuroimaging biomarkers” OR “aphasia” OR “cerebellar cognitive affective syndrome”
3 #1 AND #2
4 FILTER: 2011 to 2021
5 FILTER: Keyword: Cerebellum

Table 4. Search strings for Web of Science

1 “cerebellum” AND “cognition” AND “language”
2 “language” OR “memory” OR “attention” OR “” OR “executive function OR “cognitive function” OR “neuropsychological assessment” OR “neuroimaging biomarkers” OR “aphasia” OR “cerebellar cognitive affective syndrome”
3 #1 AND #2
4 Refined by: Document types: (article or proceedings paper) and [excluding] categories of web of science: (engineering electrical electronic and anthropology and biotechnology applied microbiology and computer science hardware architecture and computer science software

engineering and computer science theory methods and mathematical computational biology and computer science artificial intelligence and computer science information systems and urology and nephrology and veterinary sciences and information science library science).

5 FILTER: Publication dates: January 2011 to December 2021

6 Citation Indexes: SCI-EXPANDED



Apéndice D. PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	1
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	3 - 4
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	5 – 6 - 7
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	6 - 7
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	8
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	9
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	9, appendix C
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	10
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	10 - 11, figure 1
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	8 - 9 -10
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	8 - 9 -10
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	11
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	11
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	8-9-10

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	8-9-10
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	9
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	Does not apply
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	Does not apply
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	Does not apply
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	11
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	Does not apply
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	12 – 13 – 14 Figure 1
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	14
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	15 to 33 Table 3
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	35 Figure 3
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	Does not apply
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	35 - 36
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	Does not apply
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	Does not apply
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	Does not apply
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	Does not apply

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	Does not apply
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	37 to 55
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	56
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	56
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	56
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	Does not apply
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	Does not apply
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	Does not apply
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	1
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	1
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	Does not apply

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021; 372: n71. doi: 10.1136/bmj. n71. For more information, visit: <http://www.prisma-statement.org/>