

Localización cerebral y actividad eléctrica del razonamiento abstracto mediante electroencefalografía cuantitativa: Una revisión sistemática

Brain localization and electrical activity of abstract reasoning using quantitative electroencephalography: A systematic review

Devis Geovanny Cedeño-Mero, René Fernando Estévez-Abad

Resumen

El razonamiento abstracto es la capacidad de procesar y resolver tareas por medio de herramientas cognitivas, basadas en el análisis, síntesis, reconocimiento de patrones entre otros, siendo catalogada como una característica de la inteligencia humana. Desde la neuropsicología es importante conocer estudios que han determinado mediante técnicas de neuroimagen la localización de la arquitectura funcional de esta capacidad cognitiva. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es identificar las áreas cerebrales y actividad eléctrica mediante el uso de la electroencefalografía a partir de tareas de razonamiento abstracto.

A través de una revisión sistemática de la literatura que se basó siguiendo los criterios de la metodología PRISMA, se examinaron las bases de datos académicas PubMed, Sciondirect, Scopus, Hinari, Dialnet, EBSCOhost. Los estudios incluidos en la revisión consisten en artículos de estudios revisados y publicados en el periodo 2016 a 2021. Se identificaron 96 artículos preliminares, de los cuales se seleccionaron 16 estudios siguiendo los criterios de inclusión y exclusión de la investigación. Los resultados muestran que mediante el desempeño de diferentes tareas de razonamiento abstracto se observan por medio de la electroencefalografía interacciones neuronales sincrónicas en el rango de frecuencia Theta-Alfa con principal activación en zonas frontales y parietales.

Palabras clave: electroencefalografía, EEG, razonamiento abstracto, razonamiento, inteligencia fluida

Abstract

Abstract reasoning is the ability to process and solve tasks by means of cognitive tools, based on analysis, synthesis, pattern recognition, among others, being classified as a characteristic of human intelligence. From neuropsychology it is important to know studies that have determined through neuroimaging techniques the location of the functional architecture of this cognitive ability. Therefore, the aim of this study is to identify brain areas and electrical activity using electroencephalography from abstract reasoning tasks.

Through a systematic literature review based on the criteria of the PRISMA methodology, the academic databases PubMed, Sciondirect, Scopus, Hinari, Dialnet, EBSCOhost were examined. The studies included in the review consist of articles from studies reviewed and published in the period 2016 to 2021. Ninety-six preliminary articles were identified, from which 16 studies were selected following the research inclusion and exclusion criteria. The results show that by performing different abstract reasoning tasks, synchronous neuronal interactions in the Theta-Alpha frequency range with main activation in frontal and parietal areas are observed by means of electroencephalography.

Keywords: electroencephalography, EEG, abstract reasoning, reasoning, fluid intelligence

Rev. Ecuat. Neurol. Vol. 31, N° 1, 2022

Introducción

En la actualidad, gracias a los avances y desarrollo tecnológico es posible estudiar al cerebro anatómica y fisiológicamente, permitiendo la valoración de diferentes funciones cognitivas mediante la actividad cerebral; debido a que la actividad cerebral es considerada el principal componente que sustenta y corrobora el correcto

funcionamiento de los procesos cognitivos superiores en el ser humano!

Una de las técnicas de exploración para estudiar el cerebro y su funcionalidad es la electroencefalografía (EEG), que es una técnica neurofisiológica de exploración del sistema nervioso central, mediante el cual se obtiene el registro de la actividad eléctrica cerebral en

tiempo real, por medio de la colocación de electrodos en la superficie del cuero cabelludo.² Por lo tanto, la EEG ha sido considerada como una de las técnicas más utilizadas en las investigaciones de los mecanismos neuronales implicados en la inteligencia humana entre ellos el razonamiento abstracto.³ Debido a que el razonamiento abstracto hace referencia a un nivel elevado del pensamiento, que se asocia a las capacidades de deducir, hipotetizar, sintetizar, interpretar y analizar fenómenos de forma simbólica, distanciando las cualidades de un objeto o fenómeno para comprender su significado.⁴

Según Henríquez,⁵ el razonamiento abstracto es una característica distintiva de la inteligencia humana, por lo que integra y forma parte de las funciones ejecutivas comprometido en la regulación de la conducta y el control cognitivo. Por consiguiente, un bajo rendimiento en pruebas que evalúen y midan el razonamiento abstracto estaría relacionado con una disminución en la inteligencia fluida, lo que podría originar dificultades en la resolución de problemas nuevos, descubrir relaciones, conceptualizar, razonar y por supuesto en la capacidad de abstraer.⁶

Cabe destacar, que el razonamiento abstracto forma parte de la inteligencia fluida, de tal forma que, posibilita a realizar operaciones mentales, razonar de forma abstracta, solucionar problemas nuevos, formación de conceptos e inferencias, generación, clasificación, evaluación de hipótesis, identificación de relaciones, entre otros.⁷ Por esos motivos, el razonamiento abstracto ha sido estudiado mediante tareas de similitudes, clasificación, analogías, categorización y secuenciación, un claro ejemplo sería “rojo es a sangre como verde es a ...” o ¿en qué se parece una manzana y una pera? y una gran variedad de tareas basadas en el razonamiento abstracto utilizando la técnica de EEG.⁸ Las investigaciones proveniente de diferentes estudios utilizando la EEG vinculan una mayor actividad en las oscilaciones de bandas Alfa y Theta en áreas frontales y parietales cuando se desarrollan tareas de razonamiento abstracto. Por consiguiente, estas áreas y oscilaciones neuronales juegan un papel crucial en las funciones cognitivas superiores como es en el caso del razonamiento abstracto.⁹

Es por ello, que la presente revisión sistemática tiene como objetivo identificar los estudios que han usado la EEG para el registro de la actividad eléctrica y localización cerebral mediante el desempeño en tareas de razonamiento abstracto. En función del objetivo se orientará a dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación que guiaran esta revisión:

¿Qué áreas cerebrales se activan usando la EEG cuantitativa, a partir de tareas de razonamiento abstracto?

¿Qué tipo de ondas cerebrales se identifican usando la EEG cuantitativa, a partir de tareas de razonamiento abstracto?

¿Qué tipos de tareas de razonamiento abstracto se

han utilizado para evaluar esta capacidad cognitiva por medio de la EEG cuantitativa?

En esta revisión sistemática se propone identificar y analizar los estudios sobre la población participante en las diferentes investigaciones, sus condiciones, la metodología utilizada, y finalmente los resultados permitirán responder a las preguntas de investigación propuestas. Este documento está estructurado de la siguiente manera: En una primera sección se aborda la metodología utilizada para el desarrollo de esta revisión; donde se incluye una descripción de la búsqueda bibliográfica utilizada, los criterios de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión de los estudios y se detalla el proceso de extracción de datos. Luego se muestran los resultados del análisis de los estudios seleccionados en relación con las preguntas de investigación que se han planteado y se analizan los resultados. Para finalizar, en el último apartado se contemplan la discusión y conclusión.

Metodología

La metodología corresponde a una revisión sistemática de la literatura que se llevó a efecto siguiendo los criterios del modelo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses statement),¹⁰ sobre estudios realizados del razonamiento abstracto mediante el uso de la EEG.

Búsqueda Bibliográfica

Los términos de búsqueda utilizados para efectuar el presente estudio se definieron tomando en cuenta las preguntas de la investigación. Se utilizaron campos de búsqueda avanzada en dos idiomas: inglés y español. Para limitar los resultados de las búsquedas, se utilizó el operador booleano AND, además de comillas para indicar frases específicas. Los términos de búsqueda se aplicaron a los metadatos como fue el título, resumen y palabras clave. Para tales casos, se efectuó un proceso de revisión de los artículos para constatar que el título, resumen o palabras clave contengan los términos de búsqueda. Las palabras clave empleadas para la búsqueda se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Búsqueda de palabras claves.

"Abstract reasoning" and "EEG"
"Abstract reasoning" and "electroencephalography"
Abstract reasoning or fluid intelligence and "EEG"
"Razonamiento abstracto" y EEG o electroencefalografía

Por último, mediante las palabras clave seleccionadas se procedió con la búsqueda de artículos primarios. La búsqueda se desarrolló entre el 01 de junio al 10 de julio de 2021 en las siguientes bases de datos académicas: PubMed, Sciondirect, Scopus, Hinari, Dialnet, EBSCOhost.

Criterios de Búsqueda

Para efectuar esta investigación se incluyeron los siguientes criterios:

- **Tipo de texto:** artículos primarios completos y revisados.
- **Idioma:** artículos escritos en inglés y español.
- **Año de publicación:** el año de publicación entre 2016 a 2021, este límite se estableció debido a los avances de la tecnología y su uso en los campos de la neuropsicología y las neurociencias.

Después de la fase de búsqueda, se procedió a leer el resumen, conclusión de cada artículo para verificar si cumplen o no los criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión y exclusión aplicados se argumentan a continuación:

- **Criterios de inclusión:** Sólo se incluyeron estudios relacionados con la técnica de EEG cuantitativa aplicada para el estudio del razonamiento abstracto o inteligencia fluida.
- **Criterios de exclusión:** Se excluyeron los estudios realizados con otro tipo de técnica cerebral que no fuese EEG cuantitativa como resonancia magnética funcional, magnetoencefalografía además de estudios que involucraban otros tipos de funciones cognitivas como lenguaje, atención, entre otros.

Estrategias de extracción de datos

Los artículos que fueron seleccionados y analizados respondieron a las interrogantes que fueron propuestas. Las estrategias de extracción de datos para este estudio se basaron en incluir los artículos que identificaban a los autores, el título, palabras claves, el año de publicación que fuese en el periodo comprendido del 2016 al 2021, el DOI y el resumen, todos estos parámetros permitieron evaluar las preguntas de investigación. Una vez concluida la extracción de los datos, se procedió a analizar y sintetizar los artículos. Por lo tanto, a continuación, en la figura 1 se detalla mediante un diagrama el proceso seguido para la búsqueda e identificación de los estudios que fueron incluido en esta revisión sistemática.

Se debe recalcar que en un inicio solo se tomó en consideración el título y el resumen de los estudios, pero por la poca información que proporcionaba para determinar si era un estudio pertinente que abordara la localización cerebral y actividad eléctrica por EEG en el razonamiento abstracto, se procedió a revisar la metodología y resultados para mejorar la búsqueda.

Resultados

Este apartado de resultados se dividió de la siguiente forma: en primer lugar, se detallan los resultados de la búsqueda bibliografía realizada, segundo, en las secciones posteriores se centran en responder y discutir las preguntas de investigación propuestas.

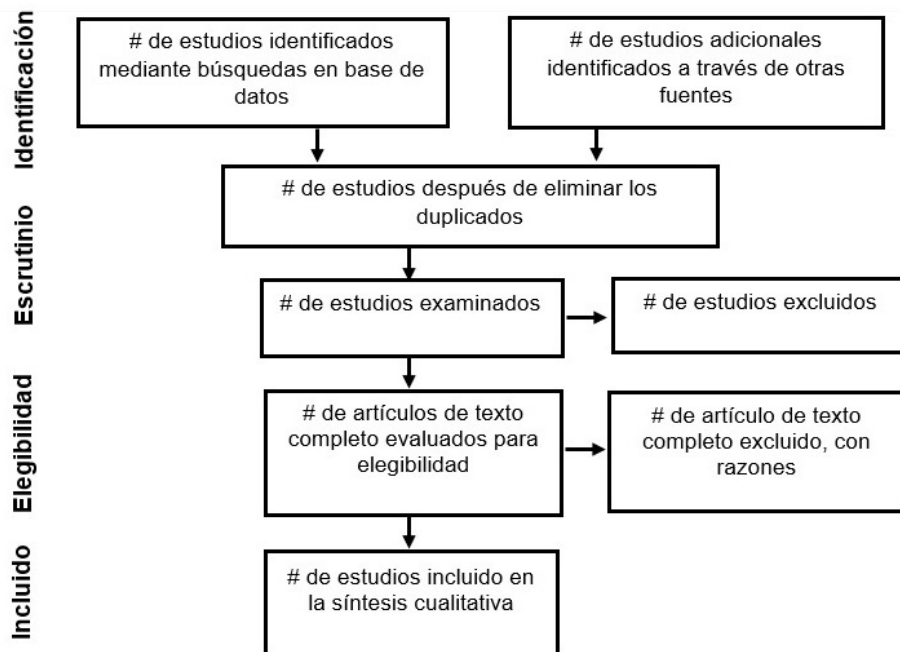


Figura 1. Flujo de información de las diferentes fases de una revisión sistemática.

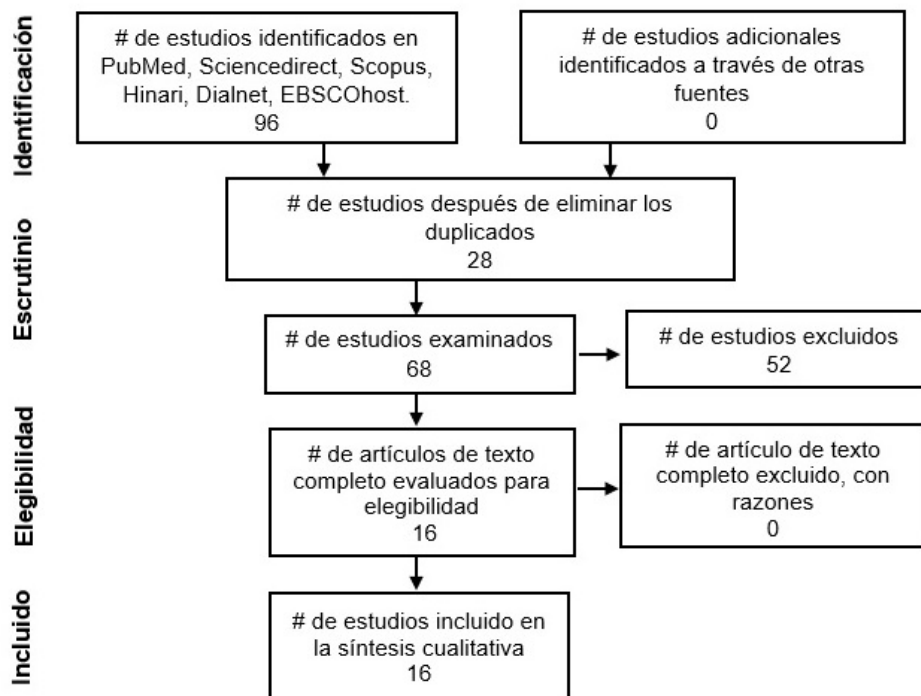


Figura 2. Diagrama de selección de estudios

El proceso de búsqueda de los estudios se realizó en las bases de datos académicas: PubMed, Sciencedirect, Scopus, Hinari, Dialnet, EBSCOhost, se eliminaron los estudios duplicados que fueron 28, así como los estudios que no cumplían con los criterios de inclusión y exclusión que fueron 52. Se obtuvo un total de 16 estudios. El siguiente diagrama detalla los resultados en cada fase del proceso (Figura 2).

Alcance del estudio

La presente investigación está centrada específicamente al estudio del razonamiento abstracto por medio del uso de la EEG cuantitativa. Sin embargo, el alcance del estudio permitió conocer otros factores como las condiciones de los participantes en los estudios analizados, esto se evidencia en la tabla 2 donde se observa que 9 de los estudios primarios fueron desarrollado con población sin un diagnóstico clínico, 5 estudios primarios con población que cursaba la educación primaria y secundaria y un artículo primario con condición de depresión y con altas capacidades respectivamente.

En la tabla 3 se pueden apreciar sobre el género de los participantes en los diferentes estudios, evidenciando que 14 estudios (88%) tuvieron como población mixta, es decir, personas tanto del género masculino como femenino, 2 estudios (12%) participaron personas solo del género masculino y ningún estudio primario (0%) contó con la participación de solo población femenina.

Tabla 2. Detalle de las condiciones de los participantes en los diferentes estudios.

Condición de los participantes	Número de estudios	Código del artículo
Personas con diagnóstico de depresión	1	A4
Personas con altas capacidades	1	A2
Estudiantes (Secundaria, Pregrado)	5	A10, A11, A13, A15, A16
Personas sin diagnóstico clínico	9	A1, A3, A5, A6, A7, A8, A9, A12, A14

Tabla 3. Detalle del género poblacional que participó en los diferentes estudios.

Género de los participantes	Número de estudios	Porcentaje	Código del artículo
Hombres	2	12%	A2, A16
Mujeres	0	0%	-
Mixto	14	88%	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15

En la tabla 3, el código del estudio A8 se trata de un artículo de metaanálisis sobre determinar los fundamentos fisiológicos y oscilaciones neuronales del razonamiento abstracto.¹¹ Sin embargo, no presenta una población específica ya que los resultados se basan en otras investigaciones, por lo tanto, se lo catalogó con participantes de ambos géneros.

La tabla 4 muestra los estudios sistematizados encontrados por países, se pudo observar que el mayor número de estudios encontrados 3 (19%) fueron elaborados en Estados Unidos (EE. UU), 2 estudios (13%) cada uno en Rusia, Polonia y España, y 1 estudio (6%) en Arabia Saudí, Francia, Turquía, Alemania, Canadá, Italia y China.

Tabla 4. Estudios sistematizados encontrados por países.

País	Número de estudios	Porcentaje
Rusia	2	13%
EEUU	3	19%
Francia	1	6%
Turquía	1	6%
Polonia	2	13%
Alemania	1	6%
Canadá	1	6%
España	2	13%
Italia	1	6%
China	1	6%
Arabia Saudí	1	6%
Total	16	100%

Por último, en la tabla 5 un cuadro descriptivo donde se resumen todos los estudios seleccionados en esta revisión que contiene el país de procedencia, nombre del estudio, autores, fecha, localización cerebral, ondas cerebrales y tareas utilizadas para evaluar razonamiento abstracto mediante la técnica de EEG.

Localización cerebral en el razonamiento abstracto

De acuerdo con las investigaciones, las localizaciones cerebrales más frecuentemente reportadas sobre el razonamiento abstracto fueron las regiones frontales y parietales del hemisferio izquierdo. Doce estudios corroboraron aquello, que mediante el desarrollo de tareas de razonamiento abstracto mostró mayor localización en zonas frontales y parietales.¹¹⁻²² La participación de los lóbulos frontales son primordiales durante la ejecución y desarrollo de tareas que involucra el razonamiento abstracto, debido a que los lóbulos frontales juegan un papel crucial en las funciones cognitivas superiores como la memoria de trabajo, planificación, flexibilidad, razonamiento, entre otros. Por otro lado, las zonas parietales podrían ser indicativo de atención selectiva durante el procesamiento del estímulo presente en las tareas de razonamiento abstracto.¹³ Según Papuc,²³ un alto desempeño en tareas que involucra el razonamiento muestra una

mayor actividad neuronal sobre el lóbulo parietal. Estas localizaciones cerebrales cumplen con una amplia gama de evidencia que apoyan el aprendizaje específicamente en niveles más altos de abstracción.²⁴ Dos estudios incluyeron mayor activación en zonas frontales y prefrontales del hemisferio izquierdo.^{24,25}

Sin embargo, algunos estudios evidenciaron también áreas de activación en los lóbulos occipitales que podrían relacionarse con procesos atencionales y con la búsqueda visual, necesarios durante el desarrollo de tareas de matrices progresivas de Raven (2,14,16,19,22,26). Con estos hallazgos es posible entonces determinar que una actividad EEG relativamente mayor en zonas fronto-parietales específicamente del hemisferio izquierdo, puede ser un factor clave en la predicción del razonamiento abstracto (18). Por consiguiente, un mal funcionamiento de la red frontoparietal podría llevar a los disturbios en el funcionamiento transitivo en tareas de razonamiento.²⁵

Actividad eléctrica cerebral en el razonamiento abstracto

En cuanto a la actividad eléctrica cerebral los resultados de las investigaciones constataron mayor oscilación de las ondas Theta y Alfa durante el desempeño en tareas de razonamiento abstracto.^{12,18,23,24} De acuerdo con Volk,²⁷ una mayor oscilación de las ondas Theta y Alfa reflejaría el aumento de la demanda cognitiva, regulación de la acción, la monitorización de errores, el aprendizaje y por ende la capacidad de abstracción. Del mismo modo una mayor oscilación en las bandas Alfa y Theta en áreas frontales puede apoyar en las funciones cognitivas superiores incluido el razonamiento abstracto.¹³

Por otro lado, cuatro estudios evidenciaron una mayor activación de las bandas Alfa en zonas frontales y parietales en el hemisferio izquierdo,^{19,22,25,26} que se activan por el hecho de tratarse de tareas que requieren de la integración de información. Es entonces que, para realizar el proceso de abstracción, el cerebro realiza una división imaginaria de los distintos elementos que lo producen, para focalizarse únicamente en lo esencial. Tal cual, Castañeda²⁸ menciona que abstraer es separar por medio de una operación de tipo intelectual, las cualidades de un objeto para considerarlo apartado o considerar el objeto mismo en su pura esencia. Además, dos estudios determinaron en sus investigaciones la presencia también de oscilaciones Delta,^{2,15} lo que supondría un potencial mecanismo oscilatorio neurofisiológico que contribuye firmemente a la inteligencia humana o inteligencia fluida.¹⁵

Tareas utilizadas en la evaluación del razonamiento abstracto

Referente a los tipos de tareas para evaluar el razonamiento abstracto mediante el uso de la técnica de EEG, los resultados indican la utilización de diferentes tareas para evaluar esta capacidad cognitiva. Dos estudios utili-

Tabla 2. Resumen sobre localización cerebral, ondas cerebrales y tareas utilizadas para evaluar razonamiento abstracto mediante la técnica de electroencefalografía.

N°	País	Estudio	Autor y año	Tareas	Localización cerebral	Ondas cerebrales
A1	Rusia	Predicting States of Abstract Reasoning Using EEG Functional Connectivity Markers	Miasnikova et al. (2019)	Tareas de categorías semánticas	Actividad neuronal en sitios frontales y prefrontales	Interacciones neuronales sincrónicas en el rango de frecuencia Theta-Alfa
A2	Arabia Saudí	Single Trial EEG Patterns for the Prediction of Individual Differences in Fluid Intelligence.	Qazi et al. (2017)	Contenido 2D y 3D de prueba de Matrices Progresivas Avanzadas	Localización en zonas frontales y parietales	Se observó oscilaciones en las bandas Theta y Alfa.
A3	Rusia	Cross-frequency phase coupling of brain oscillations and relevance attribution as saliency detection in abstract reasoning.	Miasnikova et al. (2021)	Tareas de categorías semánticas	Áreas frontales y parietales	Asociación en las bandas de frecuencia Theta y Alfa
A4	EE. UU	Frontal EEG alpha band asymmetry as a predictor of reasoning deficiency in depressed people	Brzezicka et al. (2016)	Paradigma con tareas de razonamiento de orden lineal	Localización en zonas frontales izquierdas	Se observó asimetría en banda Alfa
A5	Francia	Differential Involvement of EEG Oscillatory Components in Sameness versus Spatial-Relation Visual Reasoning Tasks	Alamia et al. (2020)	Paradigmas con tareas experimentales de condición (SD y SR)	Principalmente Parietales, occipitales y ciertas regiones frontales	El estudio solo examinó las localizaciones cerebrales
A6	Turquía	Does Resting-state EEG Band Power Reflect Fluid Intelligence?	Akdeniz G. (2018)	Tareas de la prueba de matrices progresiva de Raven	Zonas Occipitales y parietales	Mayor Actividad en las bandas Alfa y Delta
A7	Polonia	Delta-gamma coupling as a potential neurophysiological mechanism of fluid intelligence	Gagol et al. (2018)	Paradigma con tareas de la prueba de matrices progresiva de Raven	Se observó principalmente en zonas frontales y parietales	Oscilaciones en las bandas Deltas y Gamma
A8	Polonia	Fluid Intelligence and the Cross-Frequency Coupling of Neuronal Oscillations	Chuderski A. (2016)	Diferentes tipos de tareas experimentales de razonamiento	Localización en regiones parietales y frontales	Estimulación de la banda Theta y Gamma
A9	Alemania	The Role of Fluid Intelligence and Learning in Analogical Reasoning: How to Become Neurally Efficient?	Dix et al. (2016)	Tareas de razonamiento de analogías geométricas	Activación en zonas frontales izquierda además de zonas parietales y occipitales	Oscilaciones en todas las bandas especialmente en la Theta y Gamma
A10	EE. UU	The time course of semantic and relational processing during verbal analogical reasoning	Kmiecika et al. (2018)	Tareas con problemas experimentales de analogías verbales de cuatro términos	Activación en zonas del lóbulo prefrontal izquierdo y zonas parietales.	El estudio solo examinó las localizaciones cerebrales
A11	Canadá	Thinking theta and alpha: Mechanisms of intuitive and analytical reasoning	Williams et al. (2019)	Completar una adaptación de la tarea add-one y add-zero	Activación en zonas frontales y parietales	Se observaron consistencia en las bandas Theta y Alfa
A12	España	Rendimiento académico y aptitudes intelectuales en relación con la actividad mental para la resolución de tareas cognitivas en estudiantes de eso	Calvo et al. (2021)	Batería de Evaluación Factorial de las Aptitudes Intelectuales que incluye tareas de razonamiento abstracto	Activaciones en zonas frontales, parietales y occipitales	Se evidenció patrones en las ondas Alfa
A13	Italia	Mental rotation and fluid intelligence: A brain potential analysis	Varriale et al. (2018)	Prueba de matrices progresiva de Raven	Se observó en la red fronto-parietal.	El estudio solo examinó las localizaciones cerebrales
A14	España	Electrophysiological correlates of interference control at retrieval predict performance on a subsequent analogical reasoning task	Vallea et al. (2020)	Paradigma con tareas por bloques experimentales de analogías	Frontal anterior y parietales izquierdo	El estudio solo examinó las localizaciones cerebrales
A15	China	An EEG Study of a Confusing State Induced by Information Insufficiency during Mathematical Problem-Solving and Reasoning.	Liang et al. (2018)	Tareas con Problemas experimentales de tipo razonamiento matemáticos	Área frontal y occipital del hemisferio izquierdo además de parietales.	Se observó un mayor nivel de actividad en la banda Alfa
A16	EE. UU	EEG Microstate Correlates of Fluid Intelligence and Response to Cognitive Training	Santamecchi et al. (2017)	Paradigma con tres tipos de tareas: de matrices progresiva de Raven, de Bomat y de Sandía	Regiones Occipitales y parietales relacionado con la búsqueda visual	Oscilaciones en las bandas Theta y Alfa

zaron tareas de categorías semánticas,^{13,24} uno de tareas de razonamiento de orden lineal,²⁵ uno con tareas de analogías geométricas,¹⁶ uno de tareas de add-one y add zero,¹⁸ uno utilizó la batería de evaluación factorial de las aptitudes intelectuales que incluye tareas de actitudes de razonamiento abstracto,¹⁹ uno con tareas de matrices de Bomat y de Sandia,²⁶ cinco estudios utilizaron tareas experimentales de razonamiento abstracto.^{11,14,17,21,22}

Por último, es necesario indicar que cinco estudios ponen de relieve la importancia del uso de tareas de la prueba de matrices progresiva de Raven para evaluar el razonamiento abstracto.^{2,12,15,20,26} Tomando en cuenta que los problemas de matrices típicamente requieren la consideración e integración de relaciones visuoespaciales para inferir reglas lógicas, geométricas o matemáticas,^{29,30} se sigue utilizando las tareas de matrices progresivas de Raven como prueba estándar de oro, debido a que ha mostrado de forma evidente validez y fiabilidad en la evaluación de la abstracción y de la inteligencia fluida mediante el uso de la EEG.³¹

Discusión

Los hallazgos de esta revisión sistemática evidenciaron las distintas localizaciones, actividad eléctrica cerebral y tareas que están involucradas en el razonamiento abstracto medidas por EEG. Los resultados indican que las áreas frontales y parietales del hemisferio izquierdo son regiones que se especializan en el desarrollo de tareas de razonamiento abstracto, estas áreas apoyan el aprendizaje de reglas en niveles más altos de abstracción, además que las redes funcionales de los lóbulos parietales son cruciales para la comparación de tareas de analogías semánticas, categorización y reconocimiento.

Se evidenció además activación en las zonas occipitales debido a procesos atencionales y a la búsqueda visual, tomando en cuenta que las tareas de razonamiento que involucran problemas de matrices requieren de un razonamiento inductivo y relacional que se consideran parte de la inteligencia fluida, es decir, la capacidad de pensar lógicamente y de resolver problemas en situaciones novedosas, por lo que para este tipo de tareas es necesario el procesamiento visuoespacial durante la visualización de los diferentes estímulos. Por lo tanto, la búsqueda visual es fundamental en el razonamiento abstracto. Con respecto a la actividad eléctrica cerebral, se constató una mayor oscilación en ondas Theta y Alfa en regiones fronto parietales lo que supondría que una ineficiencia en estas zonas y ondas cerebrales conduciría a problemas de cognición flexible y en las funciones ejecutivas. Cabe recalcar que las interacciones Theta y Alfa son específicas en tareas de categorización en el razonamiento abstracto.

Referente a las tareas utilizadas para evaluar el razonamiento abstracto se pudo constatar la utilización en

diferentes estudios de paradigmas con tareas experimentales, de categorías semánticas, analógicas; sin embargo, la más utilizada para medir la capacidad de abstracción y por ende la inteligencia fluida fueron las tareas de matrices progresiva de Raven, lo que podría suponer que debido a la facilidad de aplicación, el diseño de las tareas, adicionalmente que proporciona la obtención de resultados con escasa dificultad, sigue siendo catalogada una herramienta útil en el ámbito investigativo.

También se destaca que la mayoría de los estudios tuvo la participación de población mixta conformada por hombres y mujeres. Una gran parte de los estudios constató que la población participante no poseía alguna condición patológica, además que los artículos que fueron encontrados y que sirvieron para la investigación, un mayor número fueron elaborados en Europa siendo EE. UU el país con el mayor número de estudios encontrados.

Conclusión

En los últimos 5 años diferentes estudios se han interesado en identificar y proporcionar algunas predicciones sobre los papeles respectivos de las regiones del cerebro y la actividad eléctrica cerebral en el razonamiento abstracto. Sin embargo, a pesar de la importancia de estudiar el razonamiento abstracto debido a que es una capacidad cognitiva superior y que forma parte de la inteligencia humana, parece haber carencia de investigaciones. Esto se evidenció en la búsqueda realizada, en donde se identificaron investigaciones en su mayoría en Europa y Asia, sin encontrarse estudios en Latinoamérica que abordaran el razonamiento abstracto mediante el uso de la EEG.

Se destaca de esta revisión la presencia de investigaciones que han contribuido a proporcionar nuevas hipótesis funcionales y localizacionales del razonamiento abstracto, que se podrían evidenciar en pacientes sanos y que podría ser de utilidad en el diagnóstico y seguimiento en diferentes condiciones de patología usando la técnica de EEG. Finalmente es necesario continuar con procesos de investigación que contribuyan al estudio de los aspectos relacionados al razonamiento abstracto desde la neuropsicología, con el fin de conocer mejor esta capacidad cognitiva, además de proporcionar elementos e información de análisis que sean de utilidad clínica.

Referencias

1. Cabrales A. Neuropsicología y la localización de las funciones cerebrales superiores en estudios de resonancia magnética funcional con tareas. *Acta Neurológica Colombiana*. 2015; 31(1):92–100. <https://doi.org/10.22379/2422402214>
2. Akdeniz G. Does resting-state EEG band power reflect fluid intelligence? *Neuroquantology*. 2018;16(4). <http://dx.doi.org/10.14704/nq.2018.16.4.1257>

3. Ramos-Argüelles F., Morales G., Egozcue S., Pabón R.M., Alonso M.T. Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas. *Anales Sis San Navarra*. 2009; 32(Suppl 3): 69-82. <https://doi.org/10.23938/ASSN.0148>
4. Jaramillo L. Puga L. El pensamiento lógico-abstracto como sustento para potenciar los procesos cognitivos en la educación. *Sophia*. 2016; 21: 31-55. <http://dx.doi.org/10.17163/soph.n21.2016.01>
5. Henríquez F. Martínez D. Forno G. Nuñez J. Slachetvsky A. Anatomía Funcional del Córtex Prefrontal y Modelos de Funcionamiento. *Tratado de Neuropsicología Clínica*. 2019; 453-473. https://www.researchgate.net/publication/329023385_Anatomia_funcional_del_cortex_prefrontal_y_modelos_de_funcionamiento
6. Stelzer F. Andrés M. Canet L. Introzzi, I. Memoria de trabajo e inteligencia fluida. Una revisión de sus relaciones. *Acta de Investigación Psicológica*. 2016; 6(1), 2302-2316. [https://doi.org/10.1016/S2007-4719\(16\)30051-5](https://doi.org/10.1016/S2007-4719(16)30051-5)
7. Goldstein G. Neuropsychological assessment of abstract reasoning. Goldstein G., Nussbaum P.D., Beers S.R. (eds) *Neuropsychology. Human Brain Function (Assessment and Rehabilitation)*. Springer, Boston, MA. 1998. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1950-2_15
8. Iriarte Diaz-Granados, F; Espeleta Maya, A; Zapata Zapata, E; Cortina Peñaranda, L; Zambrano Ojeda, E; Fernández Candama, F. El razonamiento lógico en estudiantes universitarios. *Zona Próxima*. 2010; (12):40-61. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85316155003>
9. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Review*. 1999, 29(2-3):169-195. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00056-3)
10. Liberati A. Altman, D. Tetzlaff, J. Mulrow C. Gotzsche P. Loannidis J. Clarke M. Devereaux P. Kleijnen J. Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
11. Chuderski A. Fluid Intelligence and the Cross-Frequency Coupling of Neuronal Oscillations. *Span J Psychol*. 2016 Dec 6;19: E91. <https://doi.org/10.1017/sjp.2016.86>
12. Qazi EU, Hussain M, Aboalsamh H, Malik AS, Amin HU, Bamatraf S. Single Trial EEG Patterns for the Prediction of Individual Differences in Fluid Intelligence. *Front Hum Neurosci*. 2017 Jan 20; 10:687. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00687>
13. Miasnikova A, Perevoznyuk G, Martynova O, Baklushev M. Cross-frequency phase coupling of brain oscillations and relevance attribution as saliency detection in abstract reasoning. *Neurosci Res*. 2021 May; 166:26-33. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2020.05.012>
14. Alamia A, Luo C, Ricci M, Kim J, Serre T, VanRullen R. Differential Involvement of EEG Oscillatory Components in Sameness versus Spatial-Relation Visual Reasoning Tasks. *eNeuro*. 2021 Jan 28;8(1): ENEURO.0267-20.2020. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0267-20.2020>
15. Gagol A, Magnuski M, Kroczeck B, Kałamała P, Ociepka M, Santarnecchi E, et al. Delta-gamma coupling as a potential neurophysiological mechanism of fluid intelligence. *Intelligence*. 2018; 66:54-63. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2017.11.003>
16. Dix A, Wartenburger I, van der Meer E. The role of fluid intelligence and learning in analogical reasoning: How to become neurally efficient? *Neurobiol Learn Mem*. 2016 oct;134 Pt B:236-47. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2016.07.019>
17. Kmieciak MJ, Brisson RJ, Morrison RG. The time course of semantic and relational processing during verbal analogical reasoning. *Brain Cogn*. 2019; 129:25-34. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2018.11.012>
18. Williams CC, Kappen M, Hassall CD, Wright B, Krigolson OE. Thinking theta and alpha: Mechanisms of intuitive and analytical reasoning. *Neuroimage*. 2019; 189:574-80. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.01.048>
19. Calvo EB, Plana ÁB, Molina CR, González DB. Rendimiento académico y aptitudes intelectuales en relación a la actividad mental para la resolución de tareas cognitivas en estudiantes de eso. *Uned.es*, 2021; 13:25-39. https://qinnova.uned.es/archivos_publicos/qweb_paginas/111119017/articulo2rendimientoacademicoyaptitudesintelectualesenrelacionaacti.pdf
20. Varriale V, van der Molen MW, De Pascalis V. Mental rotation and fluid intelligence: A brain potential analysis. *Intelligence*. 2018; 69:146-57. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2018.05.007>
21. Valle TM, Gómez-Ariza CJ, Bajo T. Electrophysiological correlates of interference control at retrieval predict performance on a subsequent analogical reasoning task. *Neurobiol Learn Mem*. 2020;173(107253):107253. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2020.107253>
22. Liang Y, Liu X, Qiu L, Zhang S. An EEG study of a confusing state induced by information insufficiency during mathematical problem-solving and reasoning. *Comput Intell Neurosci*. 2018; 2018:1943565. <https://doi.org/10.1155/2018/1943565>
23. Papuc D, Bălan O, Dascălu M-I, Moldoveanu A, Morar A. Brain Activation and Cognitive Load during EEG Measured Creativity Tasks

- Accompanied by Relaxation Music. In Proceedings of the International Conference on Computer-Human Interaction Research and Applications – CHIRA; pages 156-162. 2017. <https://doi.org/10.5220/0006511201560162>
24. Miasnikova A, Troshkov D, Baklushev M, Perevoznyuk G. Predicting States of Abstract Reasoning Using EEG Functional Connectivity Markers. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2019 Jul; 2019:2451-2454. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8857031>
 25. Brzezicka A, Kamiński J, Kamińska OK, Wołyńczyk-Gmaj D, Sedek G. Frontal EEG alpha band asymmetry as a predictor of reasoning deficiency in depressed people. *Cogn Emot.* 2017 Aug;31(5):868-878. <https://doi.org/10.1080/02699931.2016.1170669>
 26. Santarnecchi E, Khanna AR, Musaeus CS, Benwell CSY, Davila P, Farzan F, Matham S, Pascual-Leone A, Shafi MM; Honeywell SHARP Team authors. EEG Microstate Correlates of Fluid Intelligence and Response to Cognitive Training. *Brain Topogr.* 2017 Jul;30(4):502-520. <https://doi.org/10.1007/s10548-017-0565-z>
 27. Volk D, Dubinin I, Myasnikova A, Gutkin B, Nikulin VV. Generalized Cross-Frequency Decomposition: A method for the extraction of neuronal components coupled at different frequencies. *Front Neuroinform.* 2018; 12:72. <https://doi.org/10.3389/fninf.2018.00072>
 28. Castañeda J, Centeno S, Lomelí Luz, Lasso M, Nava M. *Aprendizaje y desarrollo.* México: Umbral; 2007.
 29. Kalbfleisch ML, Debettencourt MT, Kopperman R, Banasiak M, Roberts JM, Halavi M. Environmental influences on neural systems of relational complexity. *Front Psychol.* 2013; 4:631. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00631>
 30. Yamada T, Ohta H, Watanabe H, Kanai C, Tani M, Ohno T, Takayama Y, Iwanami A, Kato N, Hashimoto R. Functional alterations in neural substrates of geometric reasoning in adults with high-functioning autism. *PLoS One.* 2012;7(8): e43220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043220>
 31. Sancineto da Silva Nunes, C; Manfroí Melzer, A; Tochetto Rodrigues G; Guisso L; Sotili, M; Melo Oliveira C; et al. Evidências de validade do raven MPA pela sua relação com a prova de raciocínio abstrato. *Aval. psicol.* 2012; 11(2):265-274. http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712012000200012&lng=pt.