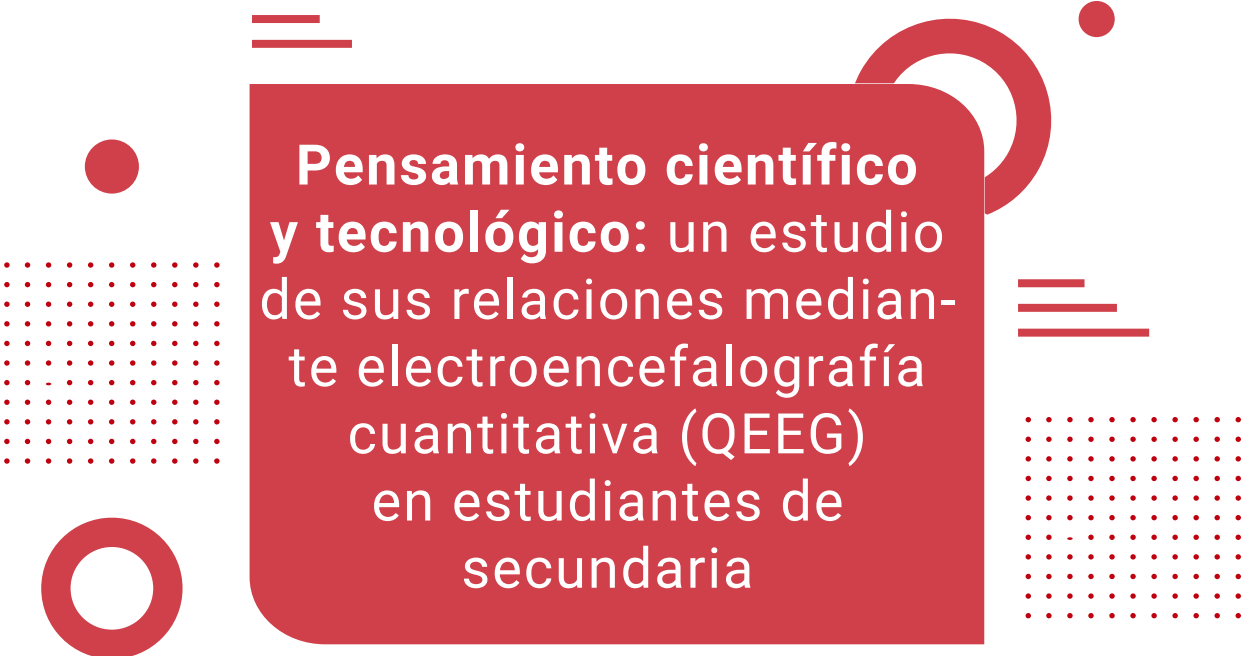




Pensamiento científico y tecnológico: un estudio de sus relaciones mediante electroencefalografía cuantitativa (QEEG) en estudiantes de secundaria

Scientific and technological thinking: a study of their relationship through quantitative electroencephalography (QEEG) in high school students

...

Pensamento científico e tecnológico: um estudo de suas relações mediante eletroencefalograma quantitativo (EEGQ) em alunos do Ensino Fundamental II

Por:

Julián Darío Torres Sánchez¹

Universidad Pedagógica Nacional,
Bogotá, Colombia.

jdtorress@upn.edu.co

 [0000-0002-9922-3954](https://orcid.org/0000-0002-9922-3954)

Pedro Nel Zapata Castañeda²

Universidad Pedagógica Nacional,
Bogotá, Colombia.

pzapata@pedagogica.edu.co

 [0000-0001-7042-8983](https://orcid.org/0000-0001-7042-8983)

Recepción: 15/01/2024 • **Aprobación:** 10/04/2024

Resumen: Se presentan los avances de un proyecto de investigación de nivel doctoral que tiene como objetivo caracterizar las relaciones (similitudes y diferencias) que hay entre el Pensamiento Tecnológico (PT) y el Pensamiento Científico (PC) a partir del análisis y comparación cuantitativa de las señales encefalográficas (EEG) que se producen en 28 estudiantes de Ciclo 4 de educación básica secundaria al resolver pruebas sobre Actividades Tecnológicas Escolares (ATE), Actividades Científicas Escolares (ACE) y Actividades Tecno-científicas Escolares (ATCE). Al respecto, se diseñaron, validaron e implementaron 12 actividades, cuatro por cada tipo de pensamiento. Los registros se analizan a nivel de sensor y de fuente mediante técnicas cuantitativas y estadísticas para establecer las relaciones entre los tipos de pensamiento estudiados. De los resultados encontrados se destaca que el PC activa predominantemente áreas auditivas y somatosensoriales, vinculadas al diálogo interno, la formulación de hipótesis y la planificación ejecutiva, mientras que el PT presenta mayor activación en áreas visuales y parietales, relacionadas con el procesamiento visomotor y la memoria de trabajo espacial. Por su lado, las ATCE combinan ambos patrones, reflejando un procesamiento cognitivo integrado que conecta información sensorial, visual y ejecutiva.

Palabras clave: Pensamiento científico; Pensamiento tecnológico; Cognición; Neurología; Electroencefalografía.

Abstract: An advance report of a doctoral-level research project is presented, aiming to characterize the relationships (similarities and differences) between Technological Thinking (TT) and Scientific Thinking (ST) through the quantitative analysis and comparison of electroencephalographic (EEG) signals produced by 28 students in Cycle 4 of secondary education when solving tests on School Technological Activities (STA), School Scientific Activities (SSA), and School Techno-Scientific Activities (STSA). To this end, 12 activities were designed, validated, and implemented, four for each type of thinking. Records are analyzed at the sensor and source levels using quantitative and statistical techniques to establish relationships between the types of thinking studied. The results found show that the PC predominantly activates auditory and somatosensory areas, linked to internal dialogue, hypothesis formulation and executive planning, while the PT presents greater activation in visual and parietal areas, related to visual-motor processing and spatial working memory. On the other hand, the ATCE combine both patterns, reflecting an integrated cognitive processing that connects sensory, visual and executive information.

Keywords: Scientific thinking; Technological thinking; Cognition; Neurology; Electroencephalography.

Resumo: Apresentam-se os avanços de um projeto de pesquisa de nível doutoral que tem como objetivo caracterizar as relações (similaridades e diferenças) existentes entre o Pensamento Tecnológico (PT) e o Pensamento Científico (PC) a partir da análise e comparação quantitativa das ondas encefalográficas (EEG) produzidas em 28 alunos de 8º e 9º do Ensino Fundamental ao resolver provas sobre Atividades Tecnológicas Escolares (ATE), Atividades Científicas Escolares (ACE) e Atividades Tecno-científicas Escolares (ATCE). Foram desenhadas, validadas e implementadas 12 atividades, sendo quatro por cada tipo de pensamento. Os registros foram analisados a nível de sensor e fonte mediante técnicas quantitativas e estatísticas para estabelecer as relações entre os tipos de pensamentos estudados. Dos resultados encontrados, destaca-se que o PC ativa predominantemente áreas auditivas y somatossensoriais, vinculadas ao diálogo interno, à formulação de hipótese e ao planejamento executivo, enquanto o PT apresenta maior ativação em áreas visuais e parietais, relacionadas ao processamento visomotor e à memória de trabalho espacial. Por sua vez, as ATCE combinam ambos padrões, refletindo um processamento cognitivo integrado que conecta informação sensorial, visual e executiva.

Palavras-chave: Pensamento científico; Pensamento tecnológico; Cognição; Neurologia; Eletroencefalograma.



Esta obra está bajo la [licencia internacional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

¿Cómo citar este artículo? / How to quote this article?

Torres Sánchez, J. D., y Zapata Castañeda, P. N. (2024). Pensamiento científico y tecnológico: un estudio de sus relaciones mediante electroencefalografía cuantitativa (QEEG) en estudiantes de secundaria. *Praxis, Educación y Pedagogía*, (13), e20114524. https://doi.org/10.25100/praxis_educacion.v0i13.14524

Información de proveniencia del artículo

Este artículo de investigación es resultado de la tesis Doctoral: “Pensamientos científico y tecnológico: un estudio de sus relaciones mediante electroencefalografía cuantitativa (QEEG) en estudiantes de secundaria”, Doctorado Institucional en Educación, Universidad Pedagógica Nacional.

Contribución de los autores

Julián Darío Torres Sánchez realizó la curaduría de los datos, el análisis formal de los datos, la adquisición de fondos, la investigación, la provisión de recursos, la implementación del software, la visualización y la redacción inicial del manuscrito. Pedro Nel Zapata Castañeda,

en calidad de director de la tesis doctoral y co-autor, realizó la administración del proyecto y la supervisión de la investigación. De manera conjunta, los autores realizaron la conceptualización de la investigación, el diseño del enfoque metodológico, la validación de los resultados obtenidos y la revisión/edición constante del manuscrito.

Introducción

La cognición humana se reconoce como un campo pertinente para comprender las funciones cognitivas que subyacen a la hora de razonar o pensar y para establecer un marco de referencia que permita depurar el número de modelos y teorías a considerar (Fugelsang y Dunbar, 2005). En el marco del estudio del pensamiento, con base en los procesos cognitivos identificados tanto para el PC (Dunbar y Klahr, 2012; McComas, 2014; Zimmerman, 2007), como para el PT (Halfin, 1973; Hill, 1997; Merchán, 2018), y con el objetivo de determinar las posibles relaciones entre el PC y el PT, se presenta la neuroimagen como una herramienta para su estudio. Lo anterior se fundamenta en que la investigación del cerebro ha supuesto una revolución para el estudio del pensamiento y el comportamiento humano en general, pues ha permitido revelar las formas en que se organiza el conocimiento en el cerebro y comprender de forma razonable el funcionamiento interno de los subcomponentes de la mente (es decir, la resolución de problemas, las analogías, la inducción, entre otros).

Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2022), señala que, en las últimas décadas, las neurociencias, mediante el uso de diversas técnicas de neuroimagen, han realizado grandes avances en la comprensión del cerebro humano en relación con el aprendizaje. Este campo de estudio ha permitido una mayor comprensión de la neuroplasticidad y la neurología humana, así como de la memoria, el procesamiento de información, el desarrollo del lenguaje y el pensamiento complejo. Además, se ha investigado sobre los efectos de estímulos positivos y negativos en el aprendizaje.

Con base en lo anterior, se puede señalar que no existe evidencia que permita establecer relaciones (similitudes o diferencias) entre el PT y el PC en torno a la actividad cerebral que propician en el contexto escolar. Así pues, en concordancia con los planteamientos de autores como Dunbar y Klahr (2012) y Fugelsang y Dunbar (2005), y en función de establecer relaciones entre la ejecución de una determinada actividad escolar y la activación cortical que propician, se propone indagar ¿cuáles son las relaciones (similitudes y diferencias) que existen entre el pensamiento tecnológico y el pensamiento científico a partir del análisis y comparación cuantitativa de las señales encefalografías que se producen en un grupo de estudiantes de Ciclo 4 de educación básica secundaria al resolver Actividades Tecnológicas Escolares (ATE), Actividades Científicas Escolares (ACE) y Actividades Tecno-científicas Escolares (ATCE)?

Marco teórico

Se resalta el concepto de pensamiento como la actividad mental intencional de un individuo, fundamentada en la inteligencia y la experiencia, con el propósito de responder a una situación específica. Diversos estudios (Edelman, 1992; Sternberg, 1997; Hund, 1996; Seung-Kwon, 2010)

respaldan esta perspectiva. Se destaca la conexión estrecha entre el pensamiento y el contexto que lo genera, subrayando que, en términos generales, esta actividad se lleva a cabo en colaboración con otros, en el contexto de metas y actividades cotidianas (Furman, 2016).

Por otro lado, los procesos mentales que subyacen al pensamiento científico y al descubrimiento han sido investigados durante más de medio siglo por psicólogos cognitivos, educadores e investigadores de la creatividad (Dunbar, 2001). Entre los aspectos que mayor interés han presentado para ser investigados, se destacan: la resolución de problemas, el razonamiento analógico, la prueba de hipótesis, el cambio conceptual, el razonamiento colaborativo, el razonamiento inductivo y el razonamiento deductivo (Dunbar, 2001; Dunbar y Klahr, 2012; Gorman, 1996; Zimmerman, 2007).

Por otra parte, Skekun (1980), define el Pensamiento Tecnológico (PT) como el conjunto de procesos mentales destinados a solucionar problemas de orden técnico, cuya razón de ser gira en torno al desarrollo de técnicas y a la producción de conocimientos para la manipulación de la naturaleza. Señala, además, que dos de las características más notables que lo definen son la estrecha unidad existente entre los componentes teóricos y prácticos de la actividad tecnológica, y la continua fusión e interacción de acciones mentales y prácticas.

Arenas *et al.* (2005), señalan que el PT “constituye una forma específica de operar cognitivamente” (p. 132) donde intervienen un sujeto y un objeto con el fin de proyectar ideas de orden técnico. Por su parte, Merchán (2018) señala que el PT es una actividad mental de orden epistemológico (estructural), psicológico (funcional) y dinámica (histórico y contextual) que, por un lado, define una forma particular e intencional de ver, abordar, operar e intervenir la realidad (perceptible e inteligible) en que el ser humano se desenvuelve y, por otro lado, un modo creativo de adquirir, representar, aprender, articular y/o modificar los saberes y objetos de conocimiento que subyacen a esta realidad.

En general, se indica que, en el presente estudio, el concepto de pensamiento se asume como la actividad mental intencional (en diferentes niveles) de una persona, basada en la inteligencia (procesos y componentes) y la experiencia, para actuar en respuesta a una situación específica (Edelman, 1992; Sternberg, 1997; Hund, 1996; Seung-Kwon, 2010). Además, se considera que el pensamiento es una actividad estrechamente vinculada al contexto y a la situación que la provoca, y que generalmente se realiza en colaboración con otros en el marco de objetivos y actividades cotidianas (Furman, 2016).

Se considera, además, al pensamiento tecnológico (PT) como una modalidad intencional y específica de procesamiento cognitivo (Arenas *et al.*, 2005). Esta modalidad está orientada, a través de una elaboración mental, a resolver problemas de índole física (Osiurak *et al.*, 2020). Su propósito principal es el desarrollo de técnicas y la generación de conocimientos para manipular la naturaleza y transformar el entorno físico. Se caracteriza fundamentalmente por compartir mecanismos neuronales, como cualquier otra actividad

mental, pero configurados de manera específica para el contexto tecnológico. Además, destaca la estrecha integración entre los componentes teóricos y prácticos de la actividad tecnológica y la continua interacción de acciones mentales y prácticas (Skekun, 1980).

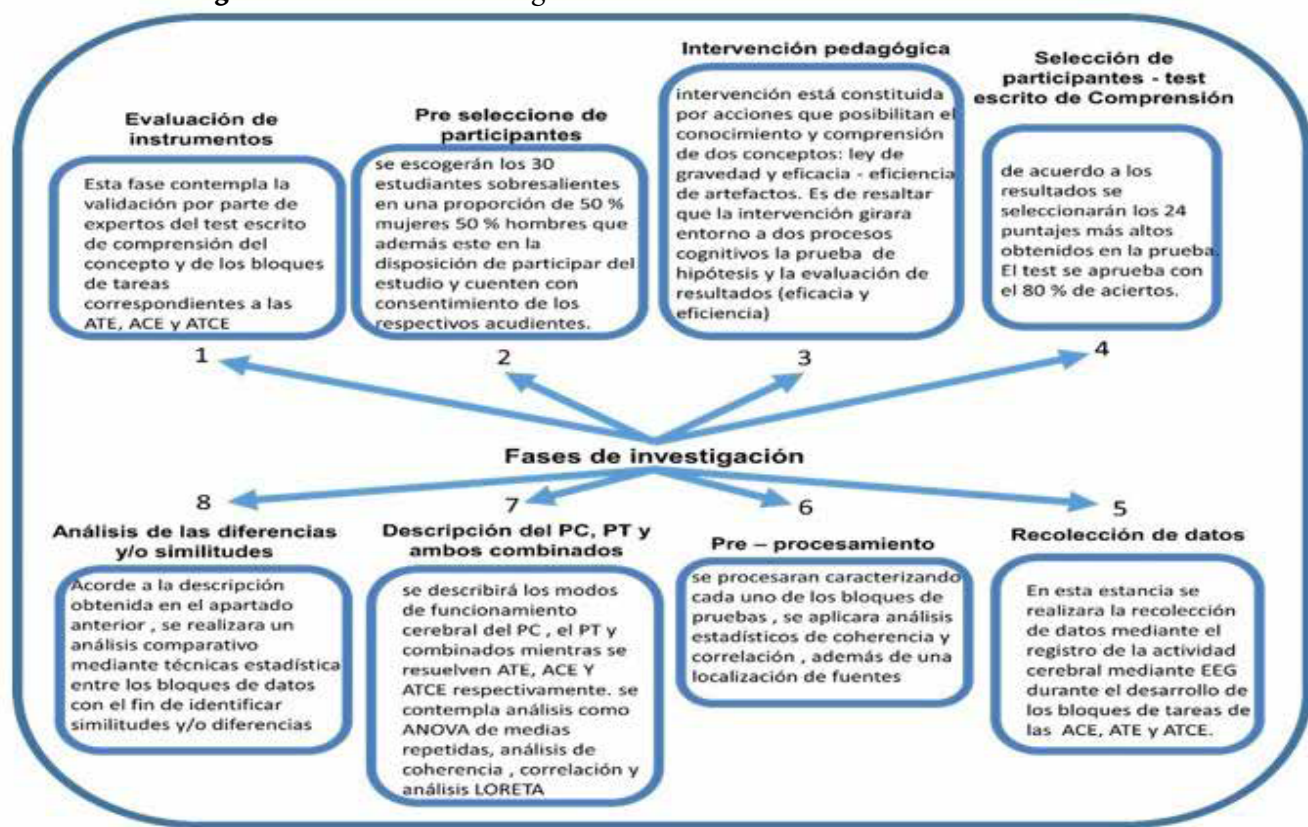
Por otro lado, se entiende el pensamiento científico (PC) como la actividad mental intencional motivada por la necesidad de entender el mundo natural y resolver problemas científicos mediante un enfoque sistemático y riguroso basado en la observación, la experimentación y la lógica. Esta forma de pensamiento se distingue por investigar situaciones o fenómenos desconocidos, buscar creativamente posibles explicaciones y planificar de manera imaginativa formas de responder a las inquietudes planteadas (Furman, 2016). Al igual que el pensamiento tecnológico, el pensamiento científico utiliza los mismos mecanismos cognitivos que cualquier otra actividad mental, pero en una configuración particular (Dunbar y Klahr, 2012; Skekun, 1980).

Para concluir este apartado, valga señalar que, en el marco de la literatura, tanto el pensamiento tecnológico como el científico son formas específicas de pensamiento que comparten mecanismos neuronales con otras actividades mentales, pero se configuran de maneras únicas para abordar sus respectivos contextos. Ambas formas de pensamiento son intencionales y están profundamente influenciadas por la necesidad de resolver problemas y comprender el entorno, ya sea físico o natural, y se desarrollan en un marco de interacción constante entre lo teórico y lo práctico.

Metodología

El diseño de la investigación es de corte seccional (en un solo punto del tiempo). Este diseño se caracteriza por ser un estudio observacional, de base individual, que suele tener un doble propósito: “descriptivo y analítico” (Rodríguez y Mendivelso, 2018; Salkind, 1999). Este estudio se realiza en ocho fases las cuales se presentan en la Figura 1.

Figura 1. Fases de la investigación.



Previo a la primera fase, se diseñó una prueba escrita, de respuesta múltiple, de 10 preguntas, para el PT y 10 para el PC en torno a los procesos cognitivos de evaluar e hipotetizar. En torno a estos mismos, se construyeron 12 tareas visuales, 4 por cada tipo de pensamiento a registrar (PC, PT y PTC). Respecto a los procesos cognitivos seleccionados, hallazgos demuestran que procesos como hipotetizar y contrastar hipótesis están presentes desde edades tempranas (Gweon y Shultz, 2011, como se cita en Furman, 2016). Por otro lado, evaluar es una acción inherente a la construcción de cualquier objeto tecnológico, incluso en situaciones donde la construcción proviene de modelos previamente probados. Es importante resaltar al respecto que la funcionalidad de cualquier construcción humana está supeditada a su evaluación en torno al objetivo de su creación.

En cuanto al desarrollo de las fases, para la primera se validó, mediante juicio de expertos, tanto la prueba escrita como las tareas cognitivas con base en tres criterios, de forma separada, contando de esta forma con 9 expertos en total (3 para el PC, 3 para el PT y 3 para la evaluación de procesos cognitivos). Producto de dicho proceso se eliminaron 3 preguntas para la prueba escrita de PC, para la prueba de PT y los procesos cognitivos se obtuvieron resultados positivos en los diferentes criterios evaluados.

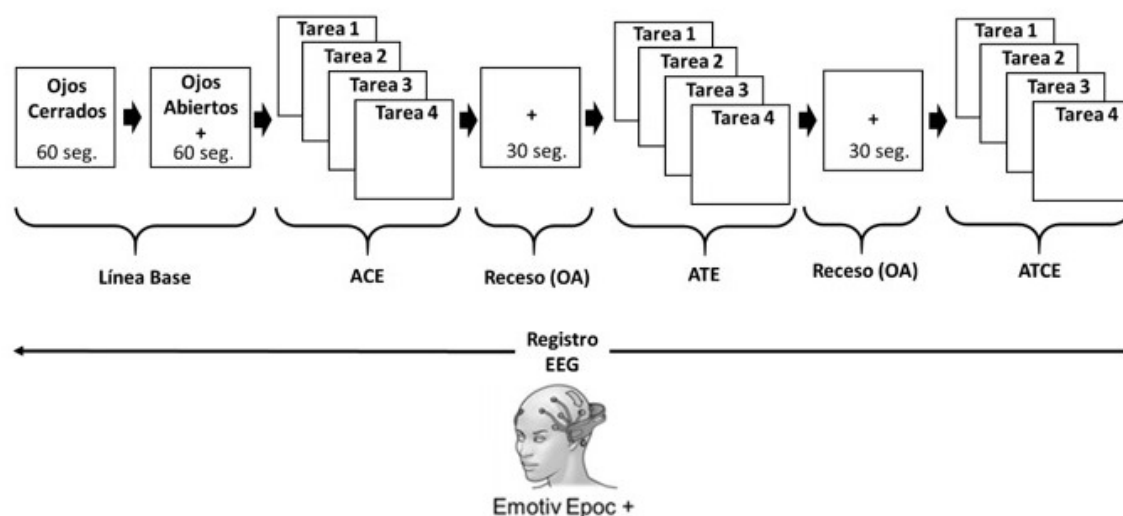
En cuanto a las fases 2 y 3, fueron seleccionados 30 estudiantes con base en su desempeño académico en las áreas de tecnología y ciencias. Posteriormente se realizó una intervención

pedagógica respecto a la conceptualización de dos temas: eficacia - eficiencia y caída libre. El primero orientado a propiciar procesos de evaluación y el segundo a hipotetizar y contrastar hipótesis. Para las fases 4 y 5 se aplicaron las pruebas escritas y se seleccionaron los 24 estudiantes que obtuvieron los mejores puntajes iguales o superiores al 80% de respuestas correctas. Posterior a la aprobación y recepción de los consentimientos informados por parte de los responsables legales de los 24 estudiantes seleccionados, se procedió a la recolección de datos mediante QEEG, lo cual consistió en solicitarles a cada uno de ellos, en horarios diferenciados, llegar al laboratorio de investigación y desarrollo (LID), ubicado en las instalaciones del Colegio Técnico Tomas Rueda Vargas, para la toma del registro encefalo gráfico. Posterior a la llegada, se les informó a los estudiantes sobre las pruebas, las condiciones de estas, el funcionamiento del auricular de registro EEG (Emotiv X) y se les solicitó que minimizaran al máximo cualquier movimiento físico tanto como sea posible mientras tenga puesto el auricular y se desarrollaran las pruebas.

Posterior a la colocación del auricular, y previa configuración del mismo en el ordenador, se verificó la calidad de registro de los diferentes canales y se dio inicio a la aplicación de las pruebas en el momento que el participante manifestó estar preparado. Cada participante fue sentado frente a una pantalla de ordenador en una posición más cómoda. El recinto experimental estuvo aislado a estímulos auditivos y se redujeron los estímulos visuales mediante paneles tanto detrás de la pantalla del ordenador como en los laterales.

En cuanto a la recolección de datos, este se llevó a cabo en cuatro bloques (Figura 2) línea base, ACE, ATE y ATCE, mediante el registro de las señales EEG.

Figura 2. Diseño de la investigación.



En la fase 6, los datos de EEG fueron procesados utilizando el software Brainstorm con el fin de eliminar artefactos, identificar patrones de actividad cerebral y localizar las fuentes corticales mediante la técnica sLORETA (Tomografía Electromagnética Cerebral de Baja Resolución Estandarizada).

Para el análisis estadístico, se aplicaron pruebas T-Student dependientes, comparando las actividades realizadas con sus respectivas líneas base para detectar diferencias significativas. El conjunto de datos analizados se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Grupo de datos comparados.

T Student	Condición A	Condición B
Test 1	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ACE (Tarea PC1)
Test 2	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ACE (Tarea PC2)
Test 3	Bloque ACE (Tarea PC3E)	Bloque ACE (Tarea PC3EC)
Test 4	Bloque ACE (Tarea PC3R)	Bloque ACE (Tarea PC3RC)
Test 5	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ACE (Tarea PC4H)
Test 6	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ACE (Tarea PC4V)
Test 7	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ATE (Tarea PT1)
Test 8	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ATE (Tarea PT2)
Test 9	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ATE (Tarea PT3)
Test 10	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ATE (Tarea PT4)
Test 11	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ATCE (Tarea PTC1)
Test 12	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ATCE (Tarea PTC2)
Test 13	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ATCE (Tarea PTC3)
Test 14	Línea base (ojos abiertos)	Bloque ATCE (Tarea PTC4)

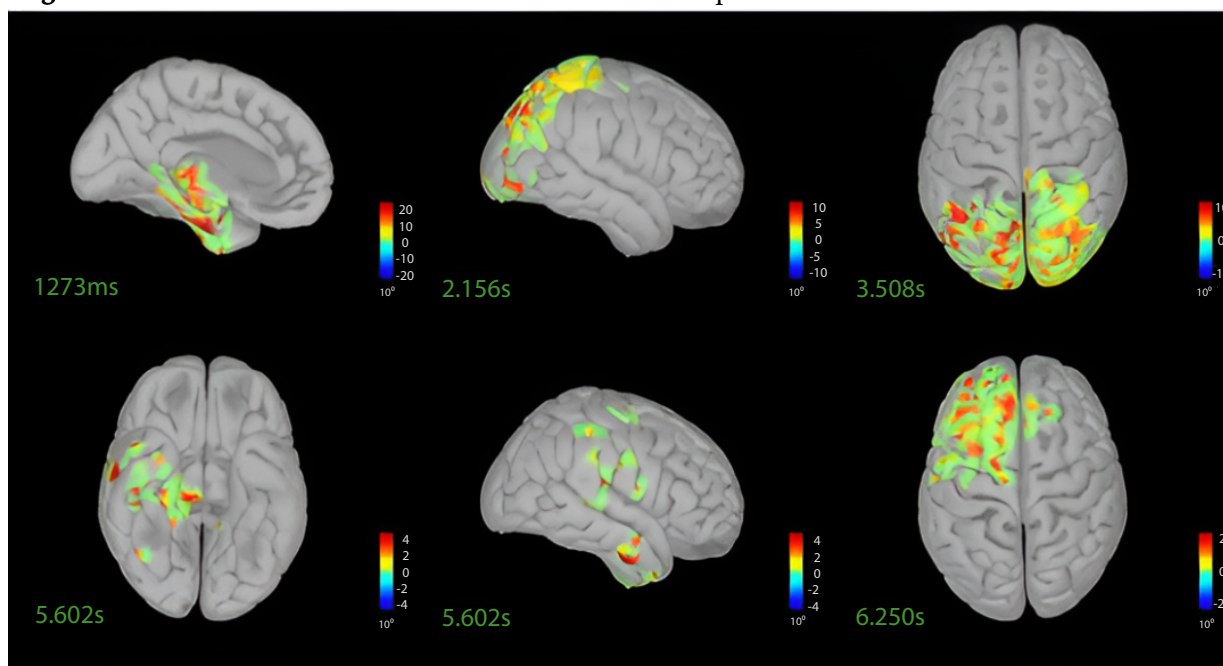
Resultados

Bloque ACE (Pensamiento Científico)

En las tareas relacionadas con el Pensamiento Científico (PC), la activación cerebral evidenció la participación de procesos visoespaciales, memoria de trabajo y atención. La Tarea PC1, orientada al reconocimiento de objetos y a la evaluación espacial, mostró actividad en la corteza parahipocampal (PH1, PH2) y en la región EC, áreas asociadas a la memoria contextual y al procesamiento visual, como se observa en la Figura 3.

De manera inesperada, también se detectó actividad en la corteza auditiva temprana (RI), lo que sugiere la posible presencia de diálogo interno como una estrategia cognitiva utilizada durante la resolución de la tarea.

Figura 3. Resultados a nivel de fuentes línea base vs bloque ACE Tarea PC1.



Nota. El color en cada una de las imágenes del cerebro representa los valores t tanto positivos como negativos. Al costado izquierdo se encuentra la escala de color aplicada a cada imagen.

La Tarea PC2, debido a su simplicidad, no mostró activaciones relevantes en comparación con la línea base. En contraste, la Tarea PC3, enfocada en el contraste de hipótesis, reveló actividad en zonas parietales asociadas al procesamiento de la memoria y la percepción espacial, mientras que las áreas de asociación auditiva sugirieron un posible rol del habla interna en la resolución de la actividad.

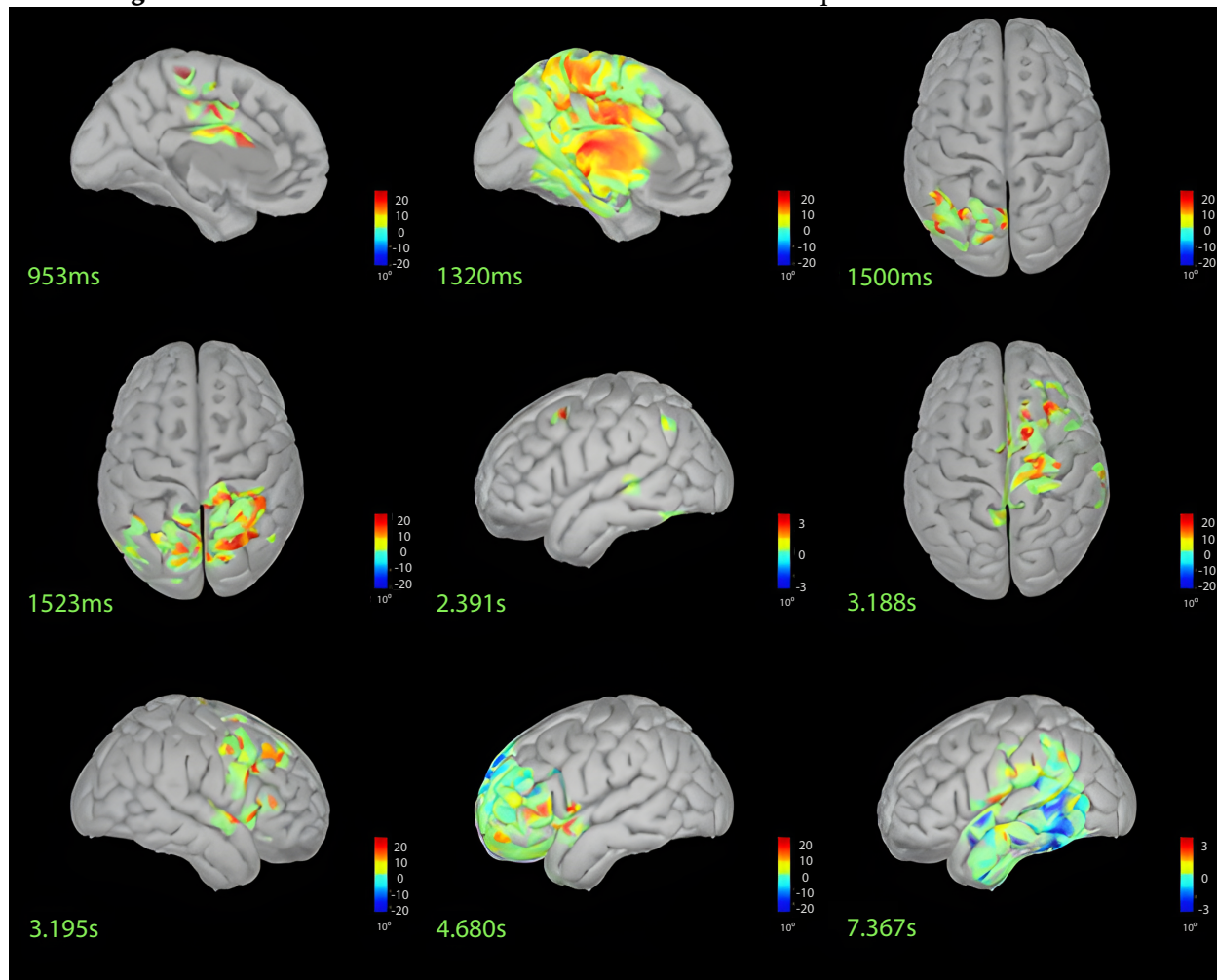
Por su parte, la Tarea PC4, destinada a la generación y verificación de hipótesis, evidenció activación en regiones del lóbulo frontal y parietal, relacionadas con la toma de decisiones y la memoria de trabajo. Nuevamente, la actividad inesperada en áreas auditivas refuerza la hipótesis de que el diálogo interno forma parte del proceso cognitivo durante la ejecución de esta tarea.

Bloque ATE (Pensamiento Tecnológico)

Las tareas vinculadas al Pensamiento Tecnológico (PT) mostraron una activación destacada en regiones asociadas con la memoria de trabajo y al análisis visual. En la Tarea PT1, predominó la actividad en el lóbulo frontal, resaltando funciones como la atención, la planificación motora y la recuperación de información almacenada en la memoria (Figura 4).

Por otro lado, la Tarea PT2 evidenció un claro protagonismo de la corriente dorsal visual, con activación en áreas relacionadas con el procesamiento del movimiento y el análisis espacial, elementos esenciales para la resolución de tareas prácticas y tecnológicas.

Figura 4. Resultados a nivel de fuentes línea base vs bloque



Nota. Imágenes de localización de fuentes generadas en Brainstorm.

En las tareas PT3 y PT4, se observó activación en áreas del lóbulo parietal y occipital, encargadas de la identificación de características de objetos y la simulación mental de movimientos. Estos patrones de activación evidencian los procesos cognitivos fundamentales para la interacción y el manejo de herramientas tecnológicas.

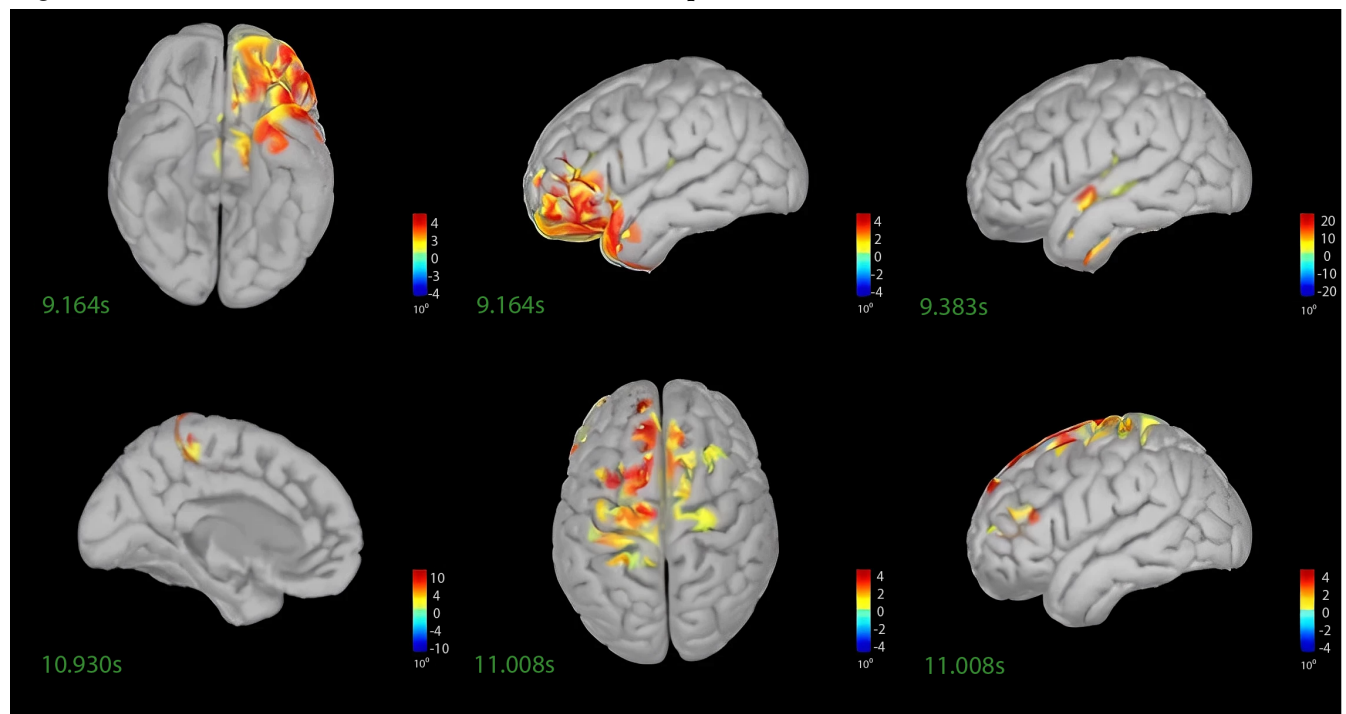
Bloque ATCE (Pensamiento Tecno-Científico)

Las tareas vinculadas al Pensamiento Tecno-Científico (PTC) combinaron componentes del Pensamiento Científico (PC) y del Pensamiento Tecnológico (PT), mostrando activación en regiones multisensoriales y de control ejecutivo. En la Tarea PTC1, se registró actividad en áreas asociadas al reconocimiento del lenguaje y a la integración somatosensorial. Ver Figura 5.

Por su parte, las Tareas PTC2 y PTC3 resaltaron la intervención de la memoria de trabajo y la simulación mental, con activaciones en regiones vinculadas a la teoría de la mente y a la

integración audiovisual, lo que evidencia un procesamiento cognitivo más complejo e interdisciplinario.

Figura 5. Resultados a nivel de fuentes línea base vs bloque ATCE Tarea PTC1.



Nota. Imágenes de localización de fuentes generadas en Brainstorm.

La Tarea PTC4 mostró una activación distribuida en los lóbulos frontal, parietal y occipital, lo que implicó procesos de atención selectiva, recuperación de memoria y análisis de objetos. La participación de la integración somatosensorial y audiovisual sugiere la presencia de diálogo interno y la simulación mental de acciones motoras.

En términos generales, los resultados revelan patrones específicos de activación para cada tipo de pensamiento. El Pensamiento Científico (PC) activó áreas relacionadas con los procesos visoespaciales y la memoria episódica. Por su parte, el Pensamiento Tecnológico (PT) destacó la activación en regiones vinculadas a la manipulación de herramientas y la planificación motora. Finalmente, el Pensamiento Tecno-Científico (PTC) integró características de ambos, con activaciones en regiones multisensoriales y de control ejecutivo, reflejando su naturaleza híbrida y compleja. Estos hallazgos resaltan las diferencias y conexiones clave entre los procesos cognitivos analizados.

Discusión

Los resultados del estudio confirman y amplían hallazgos previos sobre los procesos cognitivos asociados al Pensamiento Científico (PC) y al Pensamiento Tecnológico (PT). En línea con Dunbar y Klahr (2012), el PC se sustenta en la observación sistemática y la experimenta-

ción, activando áreas auditivas y somatosensoriales. Sin embargo, este estudio aporta un hallazgo adicional: la activación de regiones vinculadas al diálogo interno, destacado por Perrone-Bertolotti *et al.* (2014) y Grandchamp *et al.* (2019) como fundamental para la formulación de hipótesis y el análisis verbal. Por otro lado, los resultados relacionados con el PT concuerdan con Osiurak *et al.* (2020), quienes sostienen que el PT depende de la percepción visual y la manipulación de herramientas, con activación predominante en áreas visuales, motoras y en regiones vinculadas a la memoria de trabajo espacial y el control motor.

Además, los hallazgos plantean nuevas interrogantes sobre cómo evoluciona la actividad cerebral según el nivel de formación técnica (Merchán, 2018) y el tránsito de principiante a experto en un campo determinado (Strimel, 2014). Este estudio también abre oportunidades para explorar la neuroplasticidad en contextos de discapacidad motora o daño cerebral. Finalmente, se resalta la importancia de diseñar Actividades Científicas Escolares (ACE) y Actividades Tecnológicas Escolares (ATE) que integren el diálogo interno, la autorreflexión y las habilidades visomotoras, permitiendo un desarrollo equilibrado de las capacidades cognitivas de los estudiantes.

Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación permiten identificar diferencias y similitudes significativas entre el Pensamiento Científico (PC) y el Pensamiento Tecnológico (PT), así como la integración de ambos en el Pensamiento Tecno-Científico (ATCE). En el caso del PC, la activación predominante en áreas auditivas y somatosensoriales subraya la relevancia del procesamiento de estímulos verbales y sensoriales, vinculados al diálogo interno como herramienta clave para la formulación de hipótesis y la búsqueda de explicaciones científicas. La participación de regiones como el prefrontal dorsolateral (8BL) y el cíngulo posterior refuerza la importancia de la planificación, el control ejecutivo y la memoria de trabajo en la resolución de problemas científicos.

Por otro lado, el PT se caracteriza por una activación predominante en áreas visuales y parietales superiores e inferiores (VMV3, V3B, MIP y 7Pm), lo que refleja la relevancia del procesamiento visomotor y la memoria de trabajo espacial en la manipulación mental y física de herramientas. Estas áreas evidencian que el PT se orienta hacia la resolución práctica de problemas, integrando la simulación mental de acciones y el control preciso de los movimientos. Las Actividades Tecno-Científicas Escolares (ATCE) integran ambos modos de pensamiento, activando áreas como la unión temporo-parieto-occipital (TPOJ3) y el parietal inferior (IP1), que permiten la combinación de información sensorial, visual y ejecutiva, reflejando un procesamiento cognitivo más complejo.

En resumen, mientras que el PC y el PT movilizan circuitos cerebrales distintos, ambos comparten procesos relacionados con la atención y la memoria de trabajo, lo que confirma su complementariedad en el desarrollo cognitivo. Estos resultados no solo validan propuestas teóricas previas, como las de Furman (2016), Gagnepain (1990) y Le Gall (1998), sino

que también abren nuevas perspectivas para el diseño de Actividades Científicas y Tecnológicas en entornos educativos, promoviendo una integración equilibrada que permita fortalecer el pensamiento complejo y las habilidades prácticas en los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Arenas, A., Ortiz, C., y Álvarez, L. (2005). Transferencia del conocimiento tecnológico al aula: Estructuración del Pensamiento Tecnológico mediante la enseñanza del diseño. *Revista UIS Ingenierías*, 4(2), 129–138. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553756895003>
- Dunbar, K. (2001). *What scientific thinking reveals about the nature of cognition*. https://www.researchgate.net/publication/238374452_What_Scientific_Thinking_Reveals_About_the_Nature_of_Cognition
- Dunbar, K., y Klahr, D. (2012). Scientific thinking and reasoning. En K. Holyoak y R. G. Morrison (Eds.), *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 701–718). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhob/9780199734689.013.0035>
- Edelman, G. M. (1992). *Bright, air, brilliant fire: On the matter of the mind*. Basic Books.
- Fugelsang, J., y Dunbar, K. (2005). Scientific thinking and reasoning. En K. Holyoak y R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 705–725). Cambridge University Press.
- Furman, M. (2016). *Educación mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia*. Fundación Santillana.
- Gagnepain, J. (1990). *Du vouloir dire: Du signe, de l'outil* [Wanting to say: The sign and the tool]. De Boeck Université.
- Grandchamp, R., Rapin, L., Perrone-Bertolotti, M., Pichat, C., Haldin, C., Cousin, E., Lachaux, J. P., Dohen, M., Perrier, P., Garnier, M., Baciú, M., y Loevenbruck, H. (2019). The ConDialInt model: Condensation, dialogality, and intentionality dimensions of inner speech within a hierarchical predictive control framework. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02019>
- Gorman, M. (1996). Psychology of science. En W. O'Donohue y R. Kitchener (Eds.), *The Philosophy of Psychology* (pp. 50–65). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781446279168>
- Halfin, H. H. (1973). *Technology: A process approach* [Tesis de doctorado]. West Virginia University. <https://researchrepository.wvu.edu/etd/8979>
- Hill, R. B. (1997). The Design of An Instrument to Assess Problem Solving Activities in Technology Education. *Journal of Technology Education*, 9(1), 46–65. <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v9n1/pdf/hill.pdf>
- Hund, E. (1996). Nature vs. nurture: the feeling of *vujà dé*. En R. J. Sternberg y E. Grigorenko (Eds.), *Intelligence, Heredity, and Environment* (pp. 531 – 551). Cambridge University Press.

- Le Gall, D. (1998). *Des apraxies aux atechnies: Propositions pour une ergologie clinique [From apraxia to atechnia: Toward a clinical ergologia]*. De Boeck Université.
- McComas, W. F. (2014). Scientific thinking skills. En W. F. McComas (Ed.), *The Language of Science Education*. Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0_86
- Merchán, C. (2018). *Orientaciones para el uso de estrategias didácticas en el desarrollo del pensamiento tecnológico* (1ª ed.). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UP-TC).
- Osiurak, F., Lesourd, M., Navarro, J., y Reynaud, E. (2020). Technition: when leme come out of Osiurak, F., Lesourd, M., Navarro, J. y Reynaud, E. (2020). Technition: when leme come out of the closet. *Perspectives on psychological science : a journal of the Association for Psychological Science*, 15(4), 880–897. <https://doi.org/10.1177/1745-691620902145>
- Perrone-Bertolotti, M., Rapin, L., Lachaux, J. P., Baciú, M., y Loevenbruck, H. (2014). What is that little voice inside my head? Inner speech phenomenology, its role in cognitive performance, and its relation to self-monitoring. *Behavioural brain research*, 261, 220–239. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.12.034>
- Rodríguez, M., y Mendivelso, F. (2018). Diseño de investigación de Corte Transversal. *Revista Médica Sanitas*, (21), 141–146. <https://doi.org/10.26852/01234250.20>
- Salkind, N. J. (1999). *Métodos de investigación* (3ª ed.). Prentice Hall.
- Seung-Kwon, N. (2010). *The Development of the Technological Thinking Disposition Measurement Instrument*. Chungnam National.
- Skekun. (1980). Technical Thinking And Ways of Developing it. *Soviet Education*, 23(2-3), 149–191. <https://doi.org/10.2753/RES1060-9393230203149>
- Sternberg, R. J. (1997). *Thinking Styles*. Cambridge University Press.
- Strimel, G. (2014). Engineering design: a cognitive process approach [Tesis de doctorado, Old Dominion University]. STEMPS Theses & Dissertations. <https://doi.org/10.25777/zzbj-b616>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2022). Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación. UNESCO; Fundación SM. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381560>
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2-006.12.001>

Notas

- ¹ Estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- ² Docente del Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.