



## Procesos didácticos y de aprendizaje en las ciencias de la naturaleza

---

**DOI** Exploración neurocognitiva del pensamiento científico y tecnológico en estudiantes de secundaria mediante QEEG



**RECIE**  
REVISTA CARIBEÑA DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

ISSN (versión digital): 2960-771X  
ISSN (versión impresa): 2960-7701

Este trabajo tiene licencia CC BY 4.0.

**5<sup>o</sup>** CONGRESO CARIBEÑO DE  
**INVESTIGACIÓN  
EDUCATIVA**

# Exploración neurocognitiva del pensamiento científico y tecnológico en estudiantes de secundaria mediante QEEG

## Neurocognitive Exploration of Scientific and Technological Thinking in Secondary School Students through QEEG

Julián Darío Torres-Sánchez<sup>1</sup>

Pedro Nel Zapata-Castañeda<sup>2</sup>

### Resumen

La presente investigación explora las relaciones entre el pensamiento científico (PC) y el pensamiento tecnológico (PT) mediante electroencefalografía cuantitativa (QEEG) en estudiantes de secundaria. Dado que las características neurocognitivas de ambos tipos de pensamiento no han sido estudiadas a nivel escolar, se buscó identificar similitudes y diferencias en la actividad cortical asociada. Se realizó un estudio con 24 estudiantes, quienes completaron tres tipos de actividades: científicas, tecnológicas y tecno-científicas. El análisis de señales QEEG reveló que el PC activa predominantemente áreas prefrontales vinculadas al razonamiento abstracto, mientras que el PT activa áreas parietales relacionadas con habilidades prácticas. Las actividades tecno-científicas mostraron patrones combinados, lo que sugiere una integración de ambos tipos de pensamiento. Este trabajo contribuye a diseñar estrategias pedagógicas que promuevan habilidades interdisciplinarias y fomenta la comprensión neurocientífica del aprendizaje en ciencia y tecnología.

**Palabras clave:** electroencefalografía, pensamiento científico, pensamiento tecnológico, procesos cognitivos, neurociencia.

### Abstract

This research explores the relationships between scientific thinking (ST) and technological thinking (TT) through quantitative electroencephalography (QEEG) in secondary school students. Since the neurocognitive characteristics of both types of thinking have not been studied at the school level, the aim was to identify similarities and differences in the associated cortical activity. A study was conducted with 24 students who completed three types of activities: scientific, technological, and techno-scientific. QEEG signal analysis revealed that ST predominantly activates prefrontal areas linked to abstract reasoning, while TT activates parietal areas related to practical skills. Techno-scientific activities displayed combined patterns, suggesting an integration of both types of thinking. This work contributes to designing pedagogical strategies that foster interdisciplinary skills and promotes a neuroscientific understanding of learning in science and technology.

**Keywords:** Electroencephalography, scientific thinking, technological thinking, Cognitive processes, neuroscience.

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica Nacional. Colombia, jdtorress@upn.edu.co, , <https://orcid.org/0000-0002-9922-3954>.

<sup>2</sup> Universidad Pedagógica Nacional. Colombia, pzapata@pedagogica.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-7042-8983>

## 1. Introducción

La ciencia y la tecnología son pilares fundamentales en el desarrollo social y económico contemporáneo. Sus efectos se extienden desde la educación hasta la solución de problemáticas globales, como el cambio climático o el crecimiento poblacional. En este contexto, surge la necesidad de fomentar una alfabetización científica y tecnológica que permita a la ciudadanía afrontar los retos actuales. Organismos como la UNESCO (2022) y la Unión Europea destacan la importancia de integrar estos conocimientos en la educación mediante enfoques interdisciplinarios como STEAM, que promueven el pensamiento crítico, la innovación y la indagación científica.

A nivel nacional, el Plan Nacional de Desarrollo colombiano también resalta la relevancia de fortalecer el pensamiento científico (PC) y el tecnológico (PT). Sin embargo, aún se desconocen las diferencias y conexiones entre ambos. Este estudio busca explorar estas relaciones mediante técnicas de neuroimagen, profundizando en los procesos cognitivos y eléctricos que los sustentan, con el objetivo de diseñar estrategias educativas que potencien ambos tipos de pensamiento en contextos escolares.

En cuanto a estudios previos, se llevó a cabo una revisión de antecedentes en literatura nacional e internacional en inglés, coreano y español, utilizando fuentes como *Journal of Technology Studies*, *Frontiers in Psychology* y *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Se establecieron tres criterios: estudios que usan neuroimagen para investigar el PC y el PT, investigaciones que emplean electroencefalografía (EEG) y estudios que relacionan ambos pensamientos. Se identificaron 13 investigaciones internacionales; cinco abordaron el primer criterio y ocho el segundo. No se hallaron estudios que cumplieran el tercer criterio ni trabajos nacionales alineados con estos parámetros.

Con base en lo hasta aquí expuesto, se evidencia que no existen investigaciones que analicen las relaciones entre el PC y el PT desde la perspectiva del funcionamiento cognitivo. Tampoco se identificaron estudios que caractericen la actividad cortical mientras se realizan actividades escolares de orden científico o tecnológico, lo que evidencia un desconocimiento sobre los procesos cerebrales que subyacen a estos tipos de pensamiento. Si bien los aportes de Kevin Dunbar (2012) son relevantes, no se han centrado en el contexto escolar.

Por otro lado, El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (Congreso de la República de Colombia, 2019) destaca el desarrollo del pensamiento tecnológico y computacional como ejes para transformar la educación y contribuir al progreso del país. Sin embargo, la falta de diferenciación entre el PC y el PT plantea dudas sobre la eficacia de estas intervenciones escolares, ya que no se comprende cómo se relacionan con los procesos cognitivos que se busca desarrollar.

En este contexto, es fundamental indagar: ¿Cuáles son las relaciones de similitudes y diferencias que existen entre el pensamiento científico y el pensamiento tecnológico a partir del análisis y comparación cuantitativa de las señales encefalografías que se producen en los estudiantes de Ciclo 4 de educación al resolver actividades científicas escolares (ACE), actividades tecnológicas escolares (ATE) y actividades tecno-científicas escolares (ATCE)?

## 2. Metodología

### Diseño de investigación

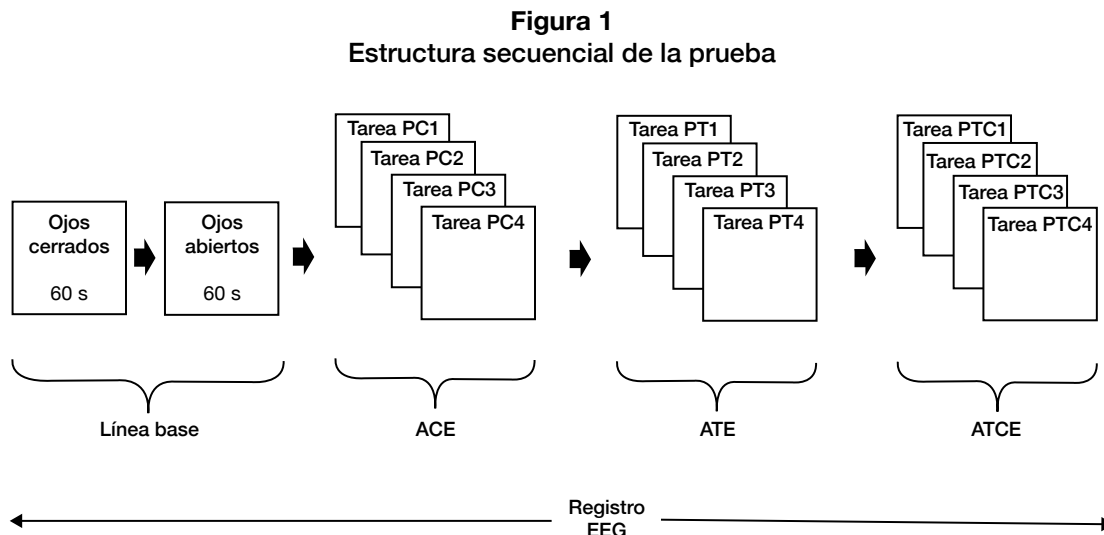
El diseño empleado fue de tipo seccional, adecuado para analizar individuos en un único momento. Este enfoque observacional, descriptivo y analítico, permitió estudiar múltiples variables sin intervención directa. Su bajo costo, rapidez y baja tasa de abandono lo hicieron ideal para el presente trabajo.

### Población y participantes

La población incluyó estudiantes de grado noveno de entre 13 y 15 años de la Institución Educativa Técnica Tomás Rueda Vargas ubicada en la ciudad de Bogotá (Colombia). Se inició con 30 estudiantes y luego una intervención pedagógica y un test de comprensión conceptual, se eligieron 24 estudiantes (12 hombres y 12 mujeres) en función de los puntajes obtenidos en el test (puntajes superiores al 80 %).

### Procedimientos y recolección de datos

La investigación comprendió tres etapas: diseño y validación de pruebas, intervención pedagógica, y recolección de datos EEG. Se desarrollaron actividades específicas para PC, PT y PTC (PC y PT combinados), diseñadas con base en investigaciones previas. Los datos se recolectaron mediante auriculares EEG Emotiv Epoc X en condiciones controladas, registrando las respuestas cerebrales durante las tareas propuestas para cada uno de los pensamientos. La Figura 1 presenta el número de tareas por tipo de pensamiento y el flujo de las mismas.



Nota: Elaboración propia.

### Instrumentos y análisis

Mediante el *software* Brainstorm se procesaron los datos EEG para eliminar artefactos, identificar patrones cerebrales y localizar fuentes corticales mediante sLORETA (standardized Low Resolution Brain Electromagnetic Tomography). Las pruebas estadísticas incluyeron análisis T-Student dependientes, comparando actividades y líneas base para identificar diferencias significativas. En la Tabla 1 se presenta el conjunto de datos comparados.

**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)

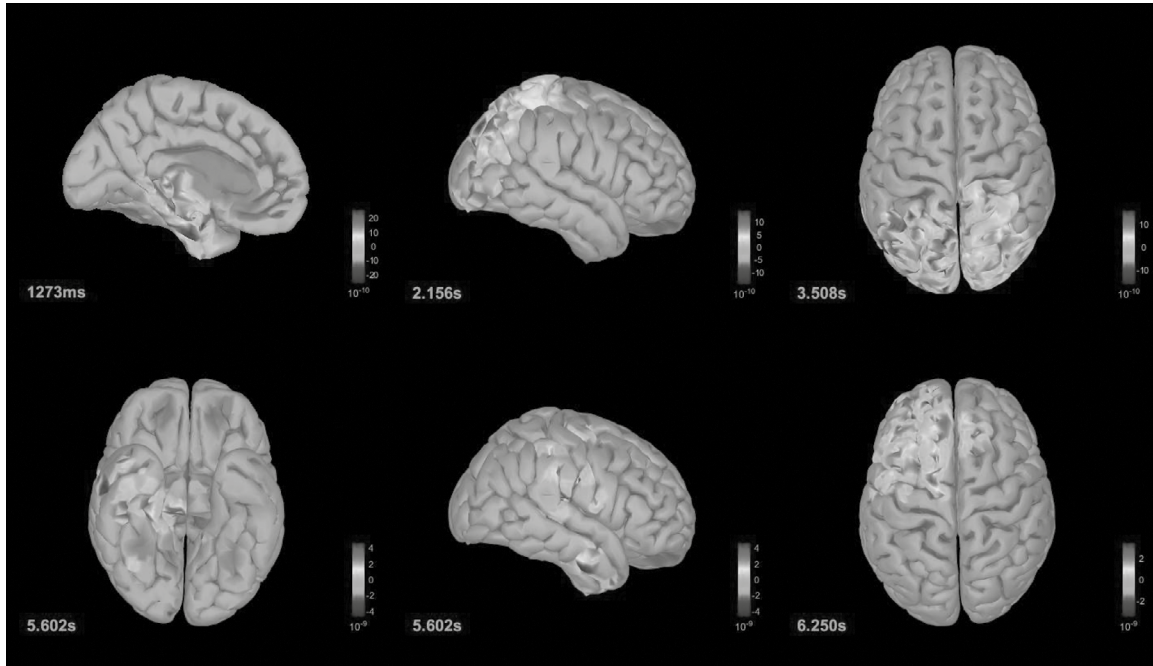
Nota: Elaboración propia.

## 3. Resultados

### Bloque ACE (pensamiento científico)

El análisis de tareas de PC evidenció activación en áreas cerebrales vinculadas con la memoria de trabajo, la atención y el procesamiento visoespacial. La Tarea PC1 mostró actividad en la corteza parahipocampal y la región EC, asociadas a la memoria contextual y visual (Baker et al., 2018f). También se observó actividad inesperada en la corteza auditiva temprana, lo que sugiere la presencia de diálogo interno como estrategia cognitiva.

**Figura 2**  
Resultados a nivel de fuentes línea base vs bloque ACE Tarea PC1



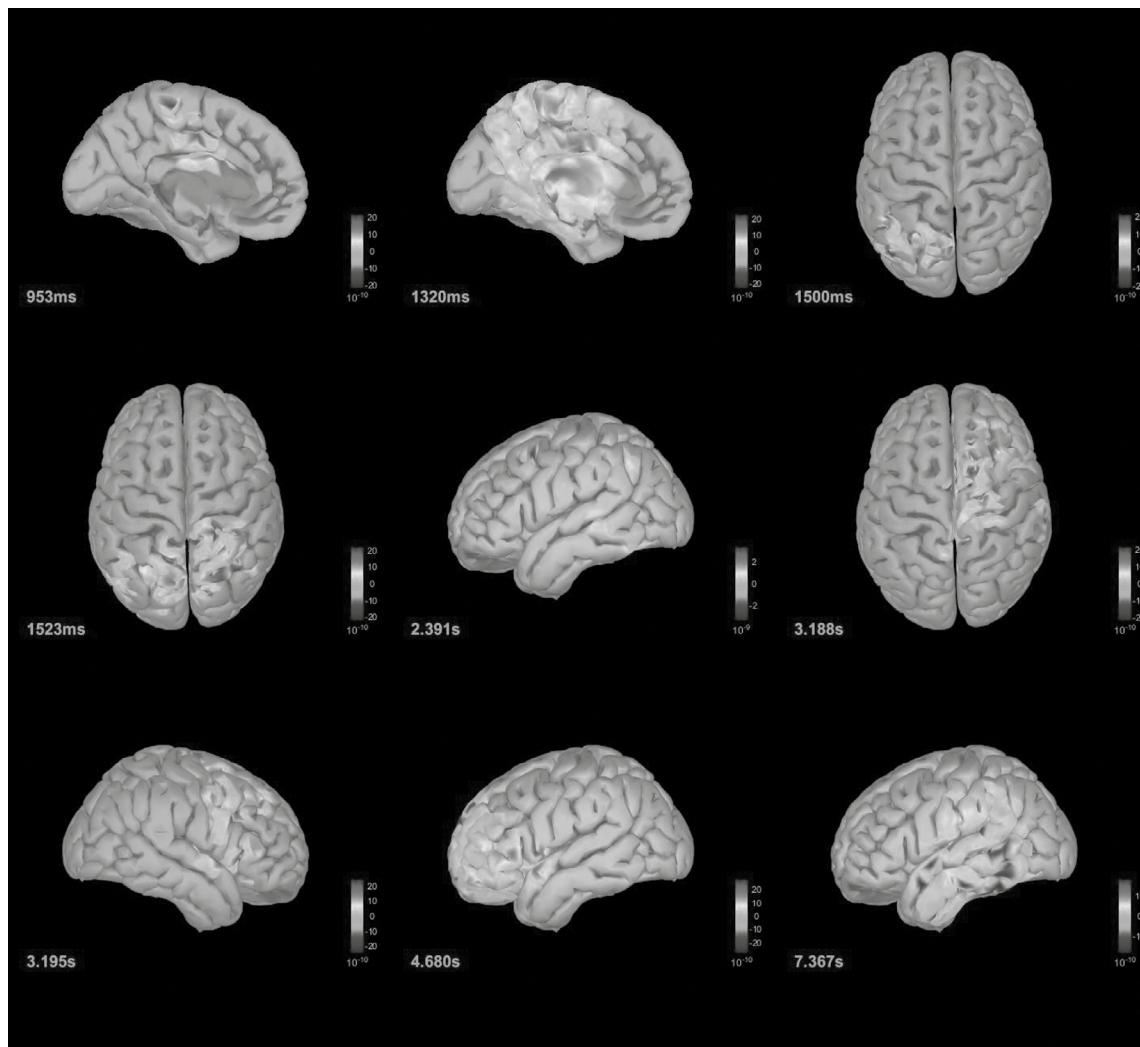
**Nota:** El color en cada una de las imágenes del cerebro representa los valores t tanto positivos como negativos. Al costado izquierdo se encuentra la escala de color aplicada a cada imagen.

En la Tarea PC3, enfocada en la contrastación de hipótesis, se activaron áreas parietales vinculadas a la memoria y percepción espacial, mientras que la actividad en zonas auditivas refuerza la hipótesis del habla interna como apoyo en la resolución de tareas. La Tarea PC4, centrada en la generación y verificación de hipótesis, mostró activación en lóbulos frontal y parietal, relacionados con la toma de decisiones y memoria de trabajo (Baker et al., 2018c, 2018g).

#### **Bloque ATE (pensamiento tecnológico)**

Las tareas de PT activaron áreas cerebrales relacionadas con la memoria de trabajo y el análisis visual. La Tarea PT1 mostró predominio del lóbulo frontal, lo que indica su rol en la planificación motora y la recuperación de recuerdos (Baker et al., 2018c). La Tarea PT2 reflejó una activación marcada en la corriente dorsal visual, lo que indica el procesamiento de movimiento y análisis espacial (Baker et al., 2018h).

**Figura 3**  
Resultados a nivel de fuentes línea base vs bloque ATE Tarea PT1



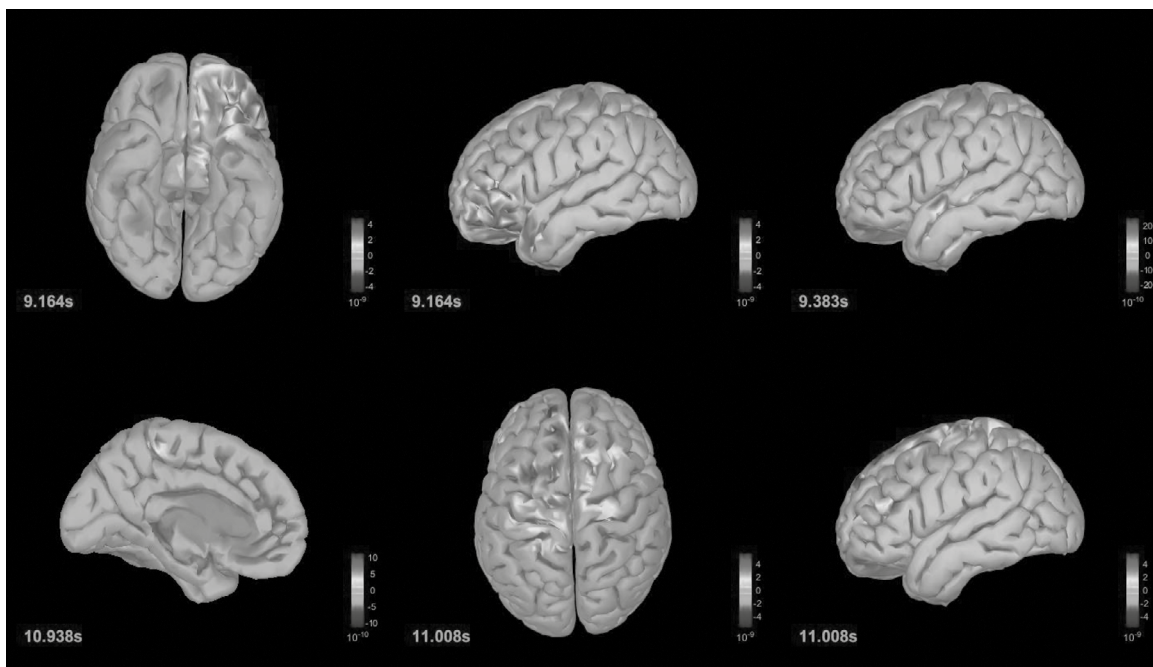
**Nota:** Imágenes de localización de fuentes generadas en Brainstorm.

En las tareas PT3 y PT4 se observó actividad en lóbulos parietal y occipital, relacionados con la extracción de características de objetos y la simulación mental de movimientos (Baker et al., 2018h), lo que refleja el procesamiento necesario para la manipulación de herramientas.

### Bloque ATCE (pensamiento tecno-científico)

Las tareas de PTC evidenciaron la integración de PC y PT, con activaciones en áreas multi-sensoriales y de control ejecutivo. La Tarea PTC1 activó regiones asociadas al reconocimiento del lenguaje y la integración somatosensorial (Baker et al., 2018f). Las tareas PTC2 y PTC3 resaltaron el papel de la memoria de trabajo y la simulación mental en la integración de ambos pensamientos, con actividad en regiones relacionadas con la teoría de la mente y la percepción audiovisual (Baker et al., 2018g).

**Figura 4**  
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 activación distribuida entre lóbulos frontal, parietal y occipital, vinculando la atención selectiva, la recuperación de memoria y el análisis de objetos (Baker et al., 2018c, 2018f, 2018g). Los hallazgos evidencian que el PC prioriza procesos visoespaciales y memoria episódica, el PT destaca el control motor y el uso de herramientas, mientras que el PTC integra ambos, lo que refleja un procesamiento cognitivo híbrido.

#### 4. Discusión y conclusiones

El estudio permitió identificar diferencias y similitudes en los patrones de activación cerebral asociados con el PC, PT y PTC en estudiantes.

El PC mostró predominancia de activaciones en áreas auditivas y somatosensoriales, involucradas en el análisis de estímulos verbales y sensoriales, con participación del cíngulo posterior y el prefrontal dorsolateral, esenciales en la memoria de trabajo y el control ejecutivo. Se destaca la relevancia del diálogo interno en la resolución de tareas.

El PT activó regiones visuales y parietales, lo que evidencia la importancia del procesamiento visual detallado y la simulación mental en el manejo de herramientas tecnológicas (Baker et al., 2018h, 2018g).

El PTC combinó procesos de ambos pensamientos, con activación en la unión temporo-parieto-occipital y el prefrontal dorsolateral, lo que refleja una integración cognitiva más compleja.

Los resultados sugieren que, aunque el PC y el PT activan circuitos distintos, comparten áreas multisensoriales relacionadas con la memoria de trabajo y la atención. Las ATCE promueven un enfoque integral que combina análisis científico y habilidades tecnológicas, esto proporciona una base neurocientífica para su implementación en entornos educativos.

#### 5. Referencias bibliográficas

- Baker, C. M., Burks, J. D., Briggs, R. G., Conner, A. K., Glenn, C. A., Morgan, J. P., Stafford, J., Sali, G., McCoy, T. M., Battiste, J. D., O'Donoghue, D. L., & Sughrue, M. E. (2018a). A connectomic atlas of the human cerebrum - Chapter 2: The lateral frontal lobe. *Operative Neurosurgery*, 15(suppl\_1), S10-S74. <https://doi.org/10.1093/ons/opy254>
- Baker, C. M., Burks, J. D., Briggs, R. G., Sheets, J. R., Conner, A. K., Glenn, C. A., Sali, G., McCoy, T. M., Battiste, J. D., O'Donoghue, D. L., & Sughrue, M. E. (2018b). A connectomic atlas of the human cerebrum - Chapter 3: The motor, premotor, and sensory cortices. *Operative Neurosurgery*, 15(suppl\_1), S75-S121. <https://doi.org/10.1093/ons/opy256>
- Baker, C. M., Burks, J. D., Briggs, R. G., Stafford, J., Conner, A. K., Glenn, C. A., Sali, G., McCoy, T. M., Battiste, J. D., O'Donoghue, D. L., & Sughrue, M. E. (2018c). A connectomic atlas of the human cerebrum - Chapter 4: The medial frontal lobe, anterior cingulate gyrus, and orbitofrontal cortex. *Operative Neurosurgery*, 15(suppl\_1), S122-S174. <https://doi.org/10.1093/ons/opy257>
- Baker, C. M., Burks, J. D., Briggs, R. G., Conner, A. K., Glenn, C. A., Robbins, J. M., Sheets, J. R., Sali, G., McCoy, T. M., Battiste, J. D., O'Donoghue, D. L., & Sughrue, M. E. (2018d). A connectomic atlas of the human cerebrum - Chapter 5: The insula and opercular cortex. *Operative Neurosurgery*, 15(suppl\_1), S175-S244. <https://doi.org/10.1093/ons/opy259>
- Baker, C. M., Burks, J. D., Briggs, R. G., Milton, C. K., Conner, A. K., Glenn, C. A., Sali, G., McCoy, T. M., Battiste, J. D., O'Donoghue, D. L., & Sughrue, M. E. (2018f). A connectomic atlas of the human cerebrum - Chapter 6: The temporal lobe. *Operative Neurosurgery*, 15(suppl\_1), S245-S294. <https://doi.org/10.1093/ons/opy260>

- Baker, C. M., Burks, J. D., Briggs, R. G., Conner, A. K., Glenn, C. A., Taylor, K. N., Sali, G., McCoy, T. M., Battiste, J. D., O'Donoghue, D. L., & Sughrue, M. E. (2018g). A connectomic atlas of the human cerebrum - Chapter 7: The lateral parietal lobe. *Operative Neurosurgery*, 15(suppl\_1), S295-S349. <https://doi.org/10.1093/ons/opy261>
- Baker, C. M., Burks, J. D., Briggs, R. G., Conner, A. K., Glenn, C. A., Manohar, K., Milton, C. K., Sali, G., McCoy, T. M., Battiste, J. D., O'Donoghue, D. L., & Sughrue, M. E. (2018h). A connectomic atlas of the human cerebrum - Chapter 8: The posterior cingulate cortex, medial parietal lobe, and parieto-occipital sulcus. *Operative Neurosurgery*, 15(suppl\_1), S350-S371. <https://doi.org/10.1093/ons/opy262>
- Baker, C. M., Burks, J. D., Briggs, R. G., Stafford, J., Conner, A. K., Glenn, C. A., Sali, G., McCoy, T. M., Battiste, J. D., O'Donoghue, D. L., & Sughrue, M. E. (2018i). A connectomic atlas of the human cerebrum-Chapter 9: The occipital lobe. *Operative Neurosurgery*, 15(suppl\_1), S372-S406. <https://doi.org/10.1093/ons/opy263>
- Congreso de la República de Colombia. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.
- Dunbar, K., & Klahr, D. (2012). Scientific Thinking and Reasoning. En K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 701-718). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199734689.001.0001>
- UNESCO. (2022). *Reimaginar juntos nuestros futuros: Un nuevo contrato social para la educación*. UNESCO.