

Entrenamiento neurocognitivo asistido por software y sus efectos sobre las funciones sobre las funciones ejecutivas en niños

Yudy Karina Chaparro Suárez
Código estudiantil: 201512212074

Lilian Teresa Rojas Caicedo
Código estudiantil: 2022120824568

Tutores
Manuel Ernesto Riaño Garzón
Edgar Alexis Díaz Camargo

Trabajo de Investigación presentado como requisito para optar el título de:
Magíster en Psicología

RESUMEN

Las funciones ejecutivas y su vínculo con la actividad de la corteza prefrontal, implica procesos cognitivos dirigidos hacia una meta específica. Este estudio analiza los efectos de aplicativos de software sobre el fortalecimiento de las funciones ejecutivas en niños de educación básica primaria. Para ello, se utilizó un diseño cuasiexperimental con grupo control, con una muestra de niños de 6 a 10 años que fueron seleccionados de una institución educativa pública. La evaluación cognoscitiva se realizó mediante las pruebas neuropsicológicas estandarizadas para Colombia. El programa de entrenamiento cognitivo se basó en tres aplicativos para computador: 1). Software de estimulación de atención; 2) Mental Games, y 3). Aplicativo de control atencional voluntario y control inhibitorio. Del análisis de las pruebas de procesos cognitivos aplicados antes y después de la estimulación mediada por tecnología, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones de atención, planeación, control inhibitorio y flexibilidad cognoscitiva, mostrando efectos de los aplicativos en el incremento de la capacidad ejecutiva y atencional. Por lo anterior, se encuentra que el uso de la tecnología y programas de entrenamiento con software, son una alternativa innovadora, atractiva y accesible, no solo para fortalecer el desempeño neurocognitivo, sino para la mejora de la salud mental, favoreciendo el involucramiento, la motivación y la adherencia, posibilitando una mejor capacidad de adaptación, así como

funcionamiento en la cotidianidad. En este sentido, este estudio invita a los investigadores a continuar desarrollando programas de estimulación mediados por la tecnología, favoreciendo la cobertura y la accesibilidad, apuntando a la sostenibilidad.

Palabras clave: Funciones ejecutivas, evaluación cognoscitiva, estimulación cognoscitiva, aplicativos de software.

ABSTRACT

Executive functions and their link to prefrontal cortex activity involve cognitive processes directed toward a specific goal. This study analyzes the effects of software applications on strengthening executive functions in children in primary education. To do so, a quasi-experimental design with a control group was used, with a sample of children aged 6 to 10 years who were selected from a public educational institution. The cognitive evaluation was carried out using standardized neuropsychological tests for Colombia. The cognitive training program was based on three computer applications: 1) Attention stimulation software; 2) Mental Games, and 3) Voluntary attention control and inhibitory control application. From the analysis of the cognitive process tests applied before and after technology-mediated stimulation, statistically significant differences were found in the scores for attention, planning, inhibitory control and cognitive flexibility, showing the effects of the applications in increasing executive and attentional capacity. Therefore, it is found that the use of technology and software training programs are an innovative, attractive and accessible alternative, not only to strengthen neurocognitive performance, but also to improve mental health, promoting involvement, motivation and adherence, enabling a better capacity for adaptation as well as functioning in everyday life. In this sense, this study invites researchers to continue developing technology-mediated stimulation programs, promoting coverage and accessibility, aiming at sustainability.

Key Words: Executive functions, cognitive evaluation, cognitive stimulation, software applications.

REFERENCIAS

1. Abellán Roselló L. Relación entre el desarrollo del lenguaje y las funciones ejecutivas en sujetos de 0 a 6 años. Una revisión sistemática. *International Journal of New Education*. 2022;10:103–26.
2. Arango-Lasprilla J, Rivera D., Olabarrieta-Landa L. *Neuropsicología Infantil. Manual Moderno*; 2017.
3. Arcos Rodríguez VA. Funciones ejecutivas: una revisión de su fundamentación teórica. *Poiésis*. 2021 Jul 26;(40):39.
4. Ato M., López J., Benavente A. Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología* . 2013;29(3):1038–59.
5. Aydmune YS, Introzzi IM, Zamora E V., Lipina SJ. Design, implementation, and transfer analysis of a cognitive inhibition training task for school children. A pilot study. *Psicol Educ (Madr)*. 2018;24(2):63–74.
6. Bernal-Ruiz F, Rodríguez-Vera M, Ortega A. Stimulation of the executive functions and their influence on academic performance of students of first grade of elementary school. *Interdisciplinaria*. 2020 Jan 1;37(1):1–34.
7. Bernal-Ruiz F, Rodríguez-Vera M, Ortega A. Stimulation of the executive functions and their influence on academic performance of students of first grade of elementary school. *Interdisciplinaria*. 2020 Jan 1;37(1):1–34.
8. Brickenkamp R. *Test de atención D2: Manual*. . Madrid: TEA Ediciones; 2012.
9. Cabas-Hoyos K, Figueroa PA, González-Bracamonte Y. Programas de intervención basados en tecnologías para niños y adolescentes diagnosticados con TDAH: una revisión sistemática. *Tesis Psicológica*. 2022 Feb 7;17(1):1–32.
10. Carpio M. La tecnología asistiva como disciplina para la atención pedagógica de personas con discapacidad intelectual. *Revista Electrónica “Actualidades investigativas en Educación.”* 2012;12:1–27.
11. Chacón OML, Riaño-Garzon M, Bermudez-Pirela V, Chaparro-Suarez YK, Hernandez-Lalinde JD. Efectos de la estimulación cognitiva asistida por software sobre la capacidad de atención visual en niños escolarizados. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica [Internet]*. 2018;37(5):512–7. Available from: <https://orcid.org/0000-0003-4098-8925>,
12. Cubillos-Bravo R, Avello-Sáez D. Assistive technologies for rehabilitation and inclusion. Recommendations for treatment of children and adolescents with neurodevelopmental disorders. *Revista Medica Clinica Las Condes*. 2022 Nov 1;33(6):604–14.
13. Dana A, Shams A. The Efficacy of Brain Cognitive Rehabilitation Interventions on Executive Functions in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Neuropsychology [Internet]*. 2019;5(18):131–40. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/352330168>
14. De La Torre-Salazar D, Galvis A, Lopera-Murcia A, Montoya-Arenas D. Función ejecutiva y entrenamiento computarizado en niños de 7 a 12 años con discapacidad intelectual. *Revista Chil Neuropsicol*. 2017;12:14–9.

15. Di Lieto MC, Pecini C, Castro E, Inguaggiato E, Cecchi F, Dario P, et al. Empowering Executive Functions in 5- and 6-Year-Old Typically Developing Children Through Educational Robotics: An RCT Study. *Front Psychol.* 2020 Feb 5;10.
16. Diamond A, Ling DS. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Dev Cogn Neurosci.* 2016 Apr 1;18:34–48.
17. Diamond A. Executive functions. Vol. 64, *Annual Review of Psychology.* Annual Reviews Inc.; 2013. p. 135–68.
18. Fernández E, Fernández Y, Crespo. Mercedes. Integración de las tecnologías de la información y la comunicación en la intervención neuropsicológica. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud [Internet].* 2020;31(3):1–17. Available from: <https://orcid.org/0000-0002-9664-8738>
19. Fernández-Abella R, Peralbo-Uzquiano M, Durán-Bouza M, Brenlla-Blanco JC, García-Fernández M. Virtual Intervention Program to Improve the Working Memory and Basic Mathematical Skills in Early Childhood Education. *Revista de Psicodidáctica.* 2019 Jan 1;24(1):17–23.
20. García-Bermúdez O, Cruz-Quintana F, Pérez-García M, Hidalgo-Ruzzante N, Fernández-Alcántara M, Pérez-Marfil MN. Improvement of executive functions after the application of a neuropsychological intervention program (PEFEN) in pre-term children. *Child Youth Serv Rev.* 2019 Mar 1;98:328–36.
21. Gaynor AM, Gazes Y, Haynes CR, Babukutty RS, Habeck C, Stern Y, et al. Childhood engagement in cognitively stimulating activities moderates relationships between brain structure and cognitive function in adulthood. *Neurobiol Aging.* 2024 Jun;
22. Gil Vega JA. ¿Es posible un currículo basado en las Funciones Ejecutivas? De la función a la competencia: propuesta de integración de la “competencia ejecutiva” en el aula. *Journal of Neuroeducation.* 2020 Jul 15;1(1):114–29.
23. Golden J. *Test de Colores y Palabras Stroop.* . Madrid: TEA Ediciones; 2010.
24. Gray SI, Robertson J, Manches A, Rajendran G. BrainQuest: The use of motivational design theories to create a cognitive training game supporting hot executive function. *International Journal of Human Computer Studies.* 2019 Jul 1;127:124–49.
25. Gutiérrez JE. Estimulación cognitiva en adolescentes y adultos con Trastorno del Neurodesarrollo. *Revista Académica Sociedad del Conocimiento Cunzac.* 2023 Sep 14;3(2):79–86.
26. Hidalgo-Muñoz AR, Acle-Vicente D, García-Pérez A, Taberero-Urbieto C. Application of neurotechnology in students with ADHD: An umbrella review. *Comunicar.* 2023;31(76).
27. Homer BD, Plass JL, Raffaele C, Ober TM, Ali A. Improving high school students’ executive functions through digital game play. *Comput Educ.* 2018 Feb 1;117:50–8.
28. Iglesias-Sarmiento V, Carriedo N, Rodríguez-Villagra OA, Pérez L. Executive functioning skills and (low) math achievement in primary and secondary school. *J Exp Child Psychol.* 2023 Nov 1;235.

29. Iglesias-Sarmiento V, Carriedo N, Rodríguez-Villagra OA, Pérez L. Executive functioning skills and (low) math achievement in primary and secondary school. *J Exp Child Psychol*. 2023 Nov 1;235.
30. Korzeniowski C, Ison MS, Difabio H. Group cognitive intervention targeted to the strengthening of executive functions in children at social risk. *Int J Psychol Res (Medellin)*. 2017;10(2):34–45.
31. Koşkulu-Sancar S, van de Weijer-Bergsma E, Mulder H, Blom E. Examining the role of parents and teachers in executive function development in early and middle childhood: A systematic review. Vol. 67, *Developmental Review*. Elsevier Inc.; 2023.
32. Koyano K, Konishi Y, Koyano K, Nakamura S, Kato I, Nishida T, et al. Developmental changes in visual–cognitive and attentional functions in infancy. *Early Hum Dev*. 2023 Aug 1;183.
33. Lagos-Hernández RI, Pizarro Pino D, Fuentes Vilugrón GA. Programa de desarrollo cognitivo y motor para atención selectiva y sostenida de niños y niñas con TDAH. *Revista Educación*. 2019 Jun 25;43(2):29.
34. Leime Oña MDR. Talleres de estimulación de la atención selectiva para el área de la Matemática, desde un enfoque de euritmia pedagógica, en los niños de séptimo de básica en la Unidad educativa Particular “San Luis Gonzaga”, del sector de la Armenia, en el período 2022. [Master’s thesis]. [Ecuador]: Universidad Politécnica Salesiana ; 2023.
35. López M, Filippetti VA. TRANSFERENCIA DE UN ENTRENAMIENTO DE MEMORIA DE TRABAJO A LAS HABILIDADES ACADÉMICAS Y ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AL INICIO DE LA ESCOLARIDAD Transfer effects of working memory training on language and mathematics performance in school-aged children. *Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology*. 2021;15(3):97–107.
36. Luna M. Análisis sobre funciones ejecutivas desarrolladas en videojuegos. *Revista Psicomotricidad: Movimiento y Emoción (Psime)*. 2023;9(1):1–16.
37. Mahoney JJ, Koch-Gallup N, Scarisbrick DM, Berry JH, Rezai AR. Deep brain stimulation for psychiatric disorders and behavioral/cognitive-related indications: Review of the literature and implications for treatment. *J Neurol Sci* [Internet]. 2022 Jun 15 [cited 2023 Nov 7];437. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120253>
38. Matute E, Rosselli M, Ardila A., & Ostrosky F. Evaluación Neuropsicológica Infantil – ENI 2. . Manual Moderno; 2013.
39. Maussa A. Programa de entrenamiento cognitivo mediado por TIC para la mejora en los procesos cognitivos y el desempeño académico en el área de lenguaje y matemáticas en la básica secundaria. *Revista de Investigación Transdisciplinaria Educación, Empresa y Sociedad* [Internet]. 2020;3302–27. Available from: www.rediees.org
40. Mondéjar T, Hervás R, Johnson E, Gutierrez C, Latorre JM. Correlation between videogame mechanics and executive functions through EEG analysis. *J Biomed Inform*. 2016 Oct 1;63:131–40.

41. Montañez MR, Beltran EDLR, Gelves-Ospina M. Eficacia de un programa de estimulación cognitiva en memoria de trabajo y velocidad de procesamiento. *STUDIES IN HEALTH SCIENCES*. 2022 May 6;3(2):980–93.
42. Montuori C, Gambarota F, Altoé G, Arfé B. The cognitive effects of computational thinking: A systematic review and meta-analytic study. *Comput Educ*. 2023 Nov;104961.
43. Nejati V, Mirikaram F, Rad JA. Transcranial direct current stimulation alters the process of reward processing in children with ADHD: Evidence from cognitive modeling. *Neurophysiologie Clinique*. 2023 Jun 1;53(3).
44. Oldrati V, Corti C, Poggi G, Borgatti R, Urgesi C, Bardoni A. Effectiveness of Computerized Cognitive Training Programs (CCTP) with Game-like Features in Children with or without Neuropsychological Disorders: a Meta-Analytic Investigation. *Neuropsychol Rev*. 2020 Mar 1;30(1):126–41.
45. Ordóñez Fernández MM, Alonso Ferreira A. Las tecnologías digitales en el entrenamiento de las funciones ejecutivas: una revisión sistemática de literatura. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*. 2023 Dec 1;120–36.
46. Oscarido J, Siswanto ZA, Maleke DA, Gunawan AAS. The impact of competitive FPS video games on human's decision-making skills. In: *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V.; 2022. p. 539–46.
47. Otzen T, Manterola C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study. Vol. 35, *Int. J. Morphol*. 2017.
48. Parra-Astudillo A, Robles-Bykbaev V, Torres-Peña P, Ordóñez Vásquez M, Almeida-Soliz E. Estimulación multisensorial para niños con discapacidad: una plataforma basada en sistemas expertos y módulos educativos sensorizados. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. 2023;286–98.
49. Pascual AC, Moyano N, Robres AQ. The relationship between executive functions and academic performance in primary education: Review and meta-analysis. Vol. 10, *Frontiers in Psychology*. Frontiers Media S.A.; 2019.
50. Pérez-Marfil MN, Fernández-Alcántara M, López-Benítez R, Pérez-García M, Pérez-García MP, Cruz-Quintana F. Effects of an executive function programme (PEFEN) on preschool children: a pilot study / Efectos de un programa para la estimulación de las funciones ejecutivas (PEFEN) en alumnos de preescolar: un estudio piloto. *Journal for the Study of Education and Development: Infancia y Aprendizaje*. 2024 Feb;47(1):113–37.
51. Pérez-Marfil MN, Fernández-Alcántara M, Pérez-García M, Pérez-García P, García-Navarro X, Luis Muñoz-González ÓL, et al. ESTIMULACIÓN.
52. Peribañez E, Bayona S, San Martin J, Verde A, Garre C, Leoste J, et al. An Experimental Methodology for Introducing Educational Robotics and Storytelling in Therapeutical Activities for Children with Neurodevelopmental Disorders. *Machines*. 2023 Jun 1;11(6).
53. Pertegas S, Pita S. Investigación: La distribución normal 1/12. *Cad Aten Primaria*. 2001;8:268–74.
54. Pezzetta R, Gambarota F, Tarantino V, Devita M, Cattaneo Z, Arcara G, et al. A meta-analysis of non-invasive brain stimulation (NIBS) effects on

- cerebellar-associated cognitive processes. Vol. 157, Neuroscience and Biobehavioral Reviews. Elsevier Ltd; 2024.
55. Rajabi S, Pakize A, Moradi NA. Effect of combined neurofeedback and game-based cognitive training on the treatment of ADHD: A randomized controlled study. *Appl Neuropsychol Child*. 2020 Jul 2;9(3):193–205.
 56. Raúl F, Bordignon A, Iglesias AA. Más allá de las pantallas: experiencias en diseño y programación de objetos interactivos digitales Beyond screens: design and programming experiences of interactive digital objects. *Virtualidad, Educación y Ciencia [Internet]*. 2016;12:49–58. Available from: <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/14619>
 57. Ren X, Wu Q, Cui N, Zhao J, Bi HY. Effectiveness of digital game-based trainings in children with neurodevelopmental disorders: A meta-analysis. *Res Dev Disabil*. 2023 Feb 1;133:1–11.
 58. Ríos S, Bolívar H, García K, Olivares T, Hernández S, Betancourt M. Programa de estimulación de las funciones ejecutivas dirigido a niños en edad escolar. 21st ed. Vol. 1. Bogota : Universidad Católica de Colombia; 2020. 1–46 p.
 59. Ríos-Gallardo ÁM, González AH, Toledo DCN, Bermeo MA, Bonilla-Santos Jasmin, Vallejo L. Efectividad de una intervención cognitiva en funciones ejecutivas para mejorar flexibilidad mental en niños con trastorno por déficit de atención e hiperactividad. *Revista Facultad de Salud [Internet]*. 2016;8(1):16–22. Available from: <http://journalusco.edu.co/index.php/RFS>
 60. Robledo-Castro C, Castillo-Ossa LF, Hederich-Martínez C. Effects of a computational thinking intervention program on executive functions in children aged 10 to 11. *Int J Child Comput Interact*. 2023 Mar 1;35:1–14.
 61. Robledo-Castro C, Hederich-Martínez C, Castillo-Ossa LF. Cognitive stimulation of executive functions through computational thinking. *J Exp Child Psychol [Internet]*. 2023 Nov 1 [cited 2023 Nov 7];235. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2023.10573>
 62. Rojas-Barahona CA, Gaete J, Véliz M, Castillo RD, Ramírez S, Araya R. The effectiveness of a tablet-based video game that stimulates cognitive, emotional, and social skills in developing academic skills among preschoolers: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2022 Dec 1;23(1).
 63. Ruiz FJ, Cuadros J, Lewis S. NeuroArte un programa de fortalecimiento de funciones ejecutivas en niños con TD AH. *Inclusión y Desarrollo*. 2019;6:83–93.
 64. Sánchez-Pérez N, Castillo A, López-López JA, Pina V, Puga JL, Campoy G, et al. Computer-based training in math and working memory improves cognitive skills and academic achievement in primary school children: Behavioral results. *Front Psychol*. 2018 Jan 9;8(JAN).
 65. Sánchez-Pérez N, Inuggi A, Castillo A, Campoy G, García-Santos JM, González-Salinas C, et al. Computer-Based Cognitive Training Improves Brain Functional Connectivity in the Attentional Networks: A Study With Primary School-Aged Children. *Front Behav Neurosci*. 2019 Oct 23;13.
 66. Santamaría-Vázquez E, Martínez-Cagigal V, Marcos-Martínez D, Rodríguez-González V, Pérez-Velasco S, Moreno-Calderón S, et al. MEDUSA©: A novel

- Python-based software ecosystem to accelerate brain-computer interface and cognitive neuroscience research. *Comput Methods Programs Biomed.* 2023 Mar 1;230.
67. Segundo-Marcos R, Carrillo AM, Fernández VL, González MTD. Development of executive functions in late childhood and the mediating role of cooperative learning: A longitudinal study. *Cogn Dev.* 2022 Jul 1;63.
68. Shams A, Nosratabadi ME, Sangari M, Mirmoezzi M. Effect of Cognitive Rehabilitation Combined With Physical Exercise on Sustained, Selective, and Alternating Attention in School-aged Girls Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Iranian Journal of Psychiatry and Clinical Psychology.* 2021 Sep 1;27(3):276–87.
69. Smith A. SDMT, Test de Símbolos y Dígitos. Manual. . Madrid: TEA Ediciones; 2002.
70. Stuss DT, Alexander MP. Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychol Res.* 2000;63:289–98.
71. Tamayo Lopera DA, Morales VM, Hernández Calle JA, Ramírez Brand SM, Gallo Restrepo NE. Development level of executive functions in adolescent students of public schools in envigado - Colombia. *Revista CES Psicología.* 2018;11(2):21–36.
72. Tirapu-Ustárroz J, Cordero-Andrés P, Luna-Lario P,, Hernáez-Goñi P. Proposed model of executive functions based on factorial analyses. *Revista de Neurología [Internet].* 2017;64(2):75–84. Available from: <https://doi.org/10.33588/rn.6402.2016227>
73. Vanhala A, Lee K, Korhonen J, Aunio P. Dimensionality of executive functions and processing speed in preschoolers. *Learn Individ Differ.* 2023 Oct 1;107.
74. Wechsler D. Escala de inteligencia wechsler para niños - IV. . Manual Moderno.; 2007.
75. Westwood SJ, Bozhilova N, Criaud M, Lam SL, Lukito S, Wallace-Hanlon S, et al. The effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with cognitive training on EEG spectral power in adolescent boys with ADHD: A double-blind, randomized, sham-controlled trial. *IBRO Neurosci Rep.* 2022 Jun 1;12:55–64.
76. Wiest DJ, Wong EH, Bacon JM, Rosales KP, Wiest GM. The effectiveness of computerized cognitive training on working memory in a school setting. *Appl Cogn Psychol.* 2020 Mar 1;34(2):465–71.
77. Xiong X, Deng L, Li H. Is winning at the start important: Early childhood family cognitive stimulation and child development. *Child Youth Serv Rev.* 2020 Nov 1;118.
78. Yaringaño Limache JJ. Estimulación cognitiva de la memoria de trabajo y resolución de problemas aritméticos en niños. *Revista EDUCA UMCH.* 2023 Jun 25;(21):137–46.
79. Zelazo PD, Carlson SM. The neurodevelopment of executive function skills: Implications for academic achievement gaps. *Psychol Neurosci.* 2020 Sep;13(3):273–98.

80. Zhao JQ, Zhang XX, Wang CH, Yang J. Effect of cognitive training based on virtual reality on the children with autism spectrum disorder. *Current Research in Behavioral Sciences*. 2021 Nov 1;2.