



Aportes de la neuroeducación a la lectoescritura digital en alumnos de colegios privados supervisados por la UGEL 01 Lima Centro

Contributions of neuroeducation to digital literacy among
private-school students under UGEL 01 Lima Centro

Elmo Ramon Zavala Sheen

 [0000-0002-8862-5878](#)

Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú

ezavala@unfv.edu.pe

Resumen

Objetivo: Analizar los aportes de un programa basado en principios neuroeducativos mediado por tecnologías digitales al desarrollo de la lectoescritura de alumnos de tercero y cuarto de primaria de colegios privados supervisados por la UGEL 01 Lima Centro. **Metodología:** Estudio cuantitativo, alcance explicativo y diseño cuasiexperimental con pre y post prueba. Colaboraron 70 alumnos (35 experimental, 35 control) escogidos por medio del muestreo por conveniencia. La intervención se efectuó en 12 sesiones de 45 minutos durante seis semanas, incluyendo tácticas de atención continua, memoria de trabajo y retroalimentación inmediata por medio de la plataforma educativa interactiva. **Resultados:** El grupo experimental aumentó elocuentemente sus puntos de comprensión ($d = 0,82$; $p < 0,001$), fluidez ($d = 0,65$; $p = 0,003$) y producción textual ($d = 0,71$; $p = 0,002$) respecto al grupo control. Los análisis de covarianza ratificaron que los efectos se conservaron controlando el nivel inicial, es decir el programa tuvo un efecto claro y sólido en la comprensión, fluidez y producción textual de los estudiantes del grupo experimental, inclusive después de ajustar por sus discrepancias iniciales. **Conclusión:** El programa neuroeducativo digital se asocia con una mejora significativa en la lectoescritura en contextos privados urbanos. Se aporta un modelo replicable y se sugiere ampliar la intervención a otras UGEL y niveles socioeconómicos.

Palabras clave: neuroaprendizaje, alfabetización temprana, tecnología educativa, comprensión lectora, producción escrita, procesos cognitivos.

Abstract

Objective: To analyze the contributions of a program based on neuroeducational principles mediated by digital technologies to the development of literacy of third and fourth grade students from private schools supervised by the UGEL 01 Lima Centro. **Methodology:** Quantitative study, explanatory scope and quasi-experimental design with pre and post test. 70 students (35 experimental, 35 control) selected through convenience sampling collaborated. The intervention was carried out in 12 sessions of 45 minutes over six weeks, including continuous attention tactics, working memory and immediate feedback through the interactive educational platform. **Results:** The experimental group eloquently increased their comprehension points ($d = 0.82$; $p < 0.001$), fluency ($d = 0.65$; $p = 0.003$) and textual production ($d = 0.71$; $p = 0.002$) compared to the control group. The analyses of covariance confirmed that the effects were maintained even after controlling for initial level; that is, the program had a clear and robust effect on students' comprehension, fluency, and text production in the experimental group, even after adjusting for their initial discrepancies. **Conclusion:** The digital neuroeducational program is associated with significant improvements in literacy in urban private settings. A replicable model is provided, and the possibility of expanding the intervention to other educational institutions and socioeconomic levels is suggested.

Keywords: brain-based learning, early literacy, educational technology, reading comprehension, writing production, primary education, cognitive processes



Introducción

La alfabetización simboliza un derecho primordial y una habilidad imprescindible para la colaboración completa en sociedades del conocimiento. En América Latina, los conflictos en la potestad de la lectura y escritura en los primeros años escolares se extienden siendo una preocupación central en las políticas educativas, tras los obstáculos generados por la pandemia de COVID-19, cuyos efectos aún se observan en los niveles de alfabetización inicial (Mateus et al., 2022). En este escenario, la neuroeducación aparece como un campo interdisciplinario que articula neurociencia cognitiva, biología del aprendizaje y didáctica, ofreciendo dispositivos prácticos para diseñar intervenciones didácticas más eficaces y beneficiosos con los mecanismos cerebrales que conservan la adquisición de la lectoescritura (Carew & Magsamen, 2010; Thomas et al., 2019).

El uso de las tecnologías digitales en el aula simboliza una modificación cualitativa que va más allá de ingresar equipos electrónicos. Las plataformas de educación modernas consienten secuenciar contenidos de acuerdo a las obligaciones particulares, Proporcionar una corrección oportuna y administrar la carga cognitiva por medio de sucesiones establecidas en la neurociencia. (Mayer, 2021; Paas & Sweller, 2022). Estudios actuales exponen que el vínculo de principios neuroeducativos con intervención tecnológica formula la plasticidad cerebral y fortifica las redes neuronales envueltas en la comprensión y producción textual (Ozernov-Palchik & Gaab, 2016; Skeide & Friederici, 2016).

Los resultados de evaluaciones normalizadas en el Perú muestran que una cantidad considerable de escolares de primaria no logra los niveles requeridos en comprensión lectora y producción escrita. Si bien se han lanzado iniciativas gubernamentales para rectificar los índices de alfabetización, la implementación de programas determinados en neuroeducación y apoyados por tecnologías digitales sigue siendo restringida. La UGEL 01 Lima Centro inspecciona colegios privados que atienden población urbana con acceso a recursos tecnológicos, brindando un ambiente apto para examinar la posibilidad de mediaciones neuroeducativas mediadas por plataformas digitales.

La literatura actual muestra un progresivo interés por emplear principios neuroeducativos al desarrollo de capacidades lingüísticas. Tokuhama-Espinosa (2019) propone que la neuroeducación brinda un marco conceptual riguroso para interpretar los resultados neurocientíficos en prácticas pedagógicas concretas. A su vez, Howard-Jones et al. (2016) recalcan el requerimiento de fundamentar las decisiones instruccionales en evidencia empírica acerca del procesamiento cerebral de la información escrita. Estudios actuales han reconocido que la atención continuada, la memoria de trabajo y las funciones ejecutivas pronostican firmemente el éxito en lectoescritura a través de los primeros años escolares (Peng et al., 2018; Follmer, 2018).

A través de técnicas de neuroimagen funcional, se observa que leer y escribir depende de la activación conjunta de varias zonas del cerebro (las que procesan palabras, sonidos y atención). De ahí que, se propone que las tareas educativas corresponden ser con el objetivo de fortalecer la interrelación entre esas zonas para perfeccionar las habilidades de lectura y escritura en los alumnos. (Yeatman et al., 2021; Yu et al., 2018). Estas evidencias plantean que



las intervenciones educativas corresponden diseñar acciones que desarrollen la conectividad funcional entre estas regiones, mejorando así el progreso de habilidades lectoras y escritas en los estudiantes.

La fluidez lectora relaciona al reconocimiento de palabras con comprensión (Rasinski et al., 2021). Su desarrollo, neuroeducativamente, demanda prácticas repetidas que afiancen representaciones ortográficas en memoria duradera (Protopapas et al., 2018). Tecnologías digitales ofrecen ejercicios de fluidez con feedback en tiempo real. En cuanto a la escritura, estudios indican que activa cognitivamente la planificación, la transcripción y la memoria de trabajo (Graham et al., 2018; Kim & Graham, 2022).

La motivación intrínseca actúa como determinante neuropsicológico en la adquisición de competencias complejas (Ryan & Deci, 2020). Cuando las plataformas digitales educativas incorporan principios de gamificación basada en evidencia, activan circuitos cerebrales de recompensa que incrementan la persistencia cognitiva del estudiante (Sailer & Homner, 2020; Zainuddin et al., 2020).

Los avances conceptuales no han conseguido llenar los vacíos existentes acerca de los programas que articulen principios neurocientíficos con tecnologías digitales en contextos latinoamericanos concretos (Lipina & Segretin, 2015; Rossi Casé et al., 2022). La evidencia disponible proviene mayoritariamente de países anglófonos cuyas condiciones difieren de las peruanas. Además, la literatura actual enfatiza el requerimiento de evaluar cuidadosamente estos programas utilizando diseños experimentales que le permiten crear una relación causal (Dubinsky et al., 2019; Schwartz et al., 2019), que muestra que se ve obligado a generar datos vigilados en nuestra región.

Frente a la perspectiva descrita, aparece la pregunta: ¿Cuánto aporta un programa basado en neuroeducación y mediado por tecnologías digitales al desarrollo lector y escritor de escolares de tercero y cuarto grado de primaria en instituciones privadas bajo supervisión de la UGEL 01 Lima Centro? Se postula que los participantes expuestos a un programa neuroeducativo digital estructurado evidenciarán progresos significativamente mayores en comprensión lectora, fluidez lectora y producción textual frente a quienes recojan enseñanza tradicional.

En pocas palabras, el estudio es original por tres razones: debido a que casi no existen estudios semejantes en el Perú que evalúen, con un grupo de control y pruebas estandarizadas, el efecto de un programa neuroeducativo digital, también porque combina neurociencia con la tecnología educativa, por último, porque se orienta en alumnos de tercero y cuarto grado, un nivel escolar clave que casi no ha sido estudiado en América Latina. En resumen, el valor del estudio está en su novedad metodológica, su base científica y su enfoque en un grupo escasamente investigado.

Consecutivamente, este estudio se plantea en analizar las colaboraciones de un programa fundamentado en principios neuroeducativos mediado por tecnologías digitales al desarrollo de la lectoescritura de alumnos de tercero y cuarto de primaria de colegios privados examinados por la UGEL 01 Lima Centro. Los objetivos específicos serían: (a) determinar el



efecto del programa en la comprensión lectora, (b) valorar su impacto en la fluidez lectora, y (c) estimar su contribución a la producción textual. Los hallazgos suministrarán realidad empírica sobre la perspectiva de intervenciones neuroeducativas digitales en el escenario peruano y brindarán pautas replicables para diseñar programas de alfabetización determinados en neurociencia.

Materiales y métodos

El presente estudio se enmarcó en un paradigma cuantitativo con trascendencia explicativa, aplicando un diseño cuasi-experimental con grupo de control no similar y mediciones pre y post intervención para estimar los cambios aplicables al tratamiento experimental. Este diseño resultó adecuado considerando las limitaciones éticas y logísticas para fijar aleatoriamente a los alumnos en el escenario escolar natural.

La unidad de investigación fue formada por alumnos en el tercer y cuarto grado, que se inscribieron en instituciones educativas privadas, que fueron supervisadas por UGEL 01 Lima Centro en el año académico 2024. Hubo alrededor de 320 alumnos disponibles en la población disponible y en cuatro escuelas privadas en el nivel socioeconómico promedio y mediano ubicados en Cercado de Lima, Breña y Jesús María. Los criterios de inclusión se revelaron que los colaboradores corresponderían estar entre 8 y 10 años, ya que eran regularmente terceros o cuarto, poseen acceso a unidades digitales con la conexión a Internet, en lugar de introducir el diagnóstico de trastornos del neurodesarrollo, lo que influye significativamente en la alfabetización de lectura y es consciente del consentimiento de padres o tutores legales. Los criterios de exclusión creían que la ausencia era mayor al 20% de las sesiones planificadas y el cambio de institución educativa en el período de intervención.

La muestra quedó integrada por 70 alumnos escogidos a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, repartidos en dos grupos: 35 participantes en el grupo experimental y 35 en el grupo control. La asignación se realizó considerando secciones completas de aula para minimizar la contaminación entre condiciones. El tamaño muestral se fijó por medio del análisis de potencia estadística, creando un grado de significancia de 0,05, una potencia del 80% y un tamaño del efecto esperado mediano-grande. Las particularidades sociodemográficas de los grupos trascendieron similares en variables distinguidos como edad promedio, comercialización por género y desempeño académico previo en comunicación.

La información se obtuvo a través de evaluaciones estandarizadas de lectura y escritura aplicadas en dos instantes: línea base y cierre seis semanas después. Se utilizaron tres instrumentos: una prueba de comprensión lectora, versión peruana de la ACL-3(Evaluación de la Comprensión Lectora), que exploró comprensión literal, inferencial y crítica con textos narrativos e informativos; una medición de fluidez que registró palabras correctas por minuto, exactitud y prosodia; y una producción escrita breve analizada con rúbrica que valoró



coherencia, cohesión, vocabulario, ortografía y organización textual. Los análisis psicométricos arrojaron confiabilidad $\alpha > 0,82$ y validez de contenido validada por jueces expertos.

La variable independiente correspondió al programa neuroeducativo digital, categorizada como presencia o ausencia de la intervención. Este programa integró principios de atención sostenida mediante actividades de duración progresiva con estímulos visuales y auditivos calibrados, estrategias de memoria de trabajo con ejercicios de retención y manipulación de información verbal, y retroalimentación inmediata adaptativa proporcionada por plataforma educativa interactiva. Las variables dependientes incluyeron comprensión lectora operacionalizada como puntaje total en la prueba ACL-3 con escala de 0 a 100 puntos, fluidez lectora medida en palabras correctas por minuto, y producción textual cuantificada mediante rúbrica analítica con escala de 1 a 20 puntos. Como variables de control se consideraron el nivel de lectoescritura inicial, edad cronológica, grado escolar y género de los participantes.

El programa experimental se desarrolló a lo largo de seis semanas, con dos sesiones semanales de 45 minutos, logrando un total de 12 sesiones. Cada una de ellas seguía un formato tripartito: una primera etapa corta de activación neuroeducativa (5 minutos), centrada en ejercicios de enfoque y preparación cognitiva; una segunda etapa de trabajo intensivo (30 minutos) con acciones digitales de lectura y escritura establecidas en evidencia neuroeducativa; y un cierre reflexivo (10 minutos) encaminado a fortalecer el aprendizaje por medio de la metacognición. La plataforma educativa permitió registro automático del progreso individual, adaptación dinámica de la dificultad según desempeño y provisión de retroalimentación multimodal inmediata. El grupo control continuó con clases regulares de comunicación siguiendo el currículo nacional vigente sin acceso a la plataforma digital específica ni a las estrategias neuroeducativas sistematizadas.

Previo al inicio del estudio, se obtuvo aprobación del Comité de Ética institucional y autorizaciones de las direcciones de las instituciones educativas participantes. Se aplicaron protocolos de consentimiento informado a los padres o tutores legales, explicando detalladamente objetivos, procedimientos, beneficios potenciales y ausencia de riesgos significativos. Se garantizó la confidencialidad de los datos mediante codificación anónima de los participantes y almacenamiento seguro de la información. Se les informó a los padres acerca de su derecho a retirar a sus hijos de la investigación en el momento que deseen sin ninguna consecuencia académica.

El análisis estadístico se efectuó a través mediante el programa SPSS versión 26. Se comprobaron los supuestos paramétricos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas en la prueba de Levene. Para evaluar la equivalencia inicial entre grupos se emplearon pruebas *t* de Student para muestras independientes. El análisis principal consistió en análisis de covarianza univariados considerando las puntuaciones pre-test como covariables, controlando estadísticamente las diferencias iniciales y valorando el efecto de la intervención. Se calcularon tamaños del efecto mediante la *d* de Cohen para cuantificar la magnitud práctica de las diferencias observadas. El nivel de significancia se fijó en $p < 0,05$ para todas las pruebas de hipótesis.



Resultados

Los resultados de la presente investigación mostraron efectos significativos en el programa neuroeducativo digital en las tres dimensiones evaluadas de lectoescritura. Fundamentadas en principios neurocientíficos contribuyendo de forma sustancial al progresivo desarrollo de competencias lectoras y escritoras en los alumnos participantes.

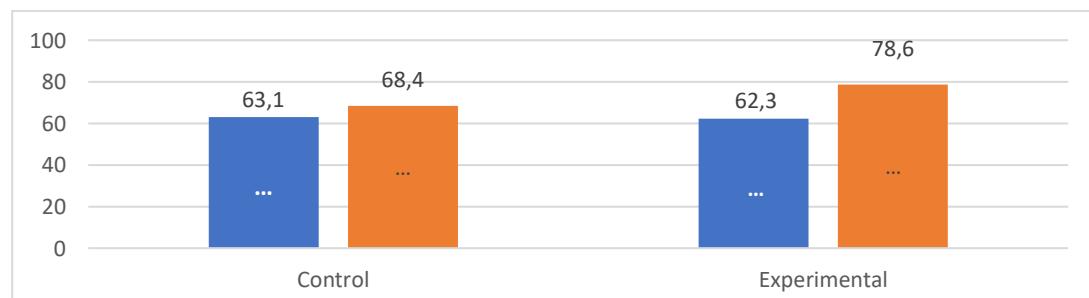
Tabla 1. Características sociodemográficas y equivalencia inicial de los grupos

Variable	Grupo Experimental (n=35)	Grupo Control (n=35)	Estadístico	p
Edad (años) M ± DE	8.7 ± 0.6	8.8 ± 0.7	t = -0.64	0.524
Género (% niñas)	51.4%	48.6%	χ^2 = 0.06	0.812
Tercer grado (%)	54.3%	57.1%	χ^2 = 0.06	0.806
Comprensión pre-test M ± DE	62.3 ± 11.2	63.1 ± 10.8	t = -0.31	0.758
Fluidez pre-test M ± DE	78.4 ± 14.3	79.2 ± 13.9	t = -0.24	0.811
Producción pre-test M ± DE	12.6 ± 2.4	12.8 ± 2.3	t = -0.36	0.722

Nota. M = Media; DE = Desviación estándar; t = prueba t de Student; χ^2 = Chi-cuadrado

Como se observa en la Tabla 1, los grupos participantes mostraron particularidades equivalentes tanto en variables sociodemográficas como en el desempeño inicial en lectura y escritura. No se detectaron discrepancias estadísticamente distinguídos en cuanto a edad, sexo, nivel escolar ni en los resultados del pre-test en comprensión lectora, fluidez y producción de textos (todos los valores $p > 0.05$). Esta homogeneidad inicial es clave para garantizar que cualquier mejora posterior pueda ser atribuida a la intervención implementada y no a disparidades previas entre los grupos. La homogeneidad observada fortalece la validez interna del diseño cuasiexperimental empleado y permite realizar comparaciones válidas de los resultados post-intervención.

Figura 1. Gráfico de barras comparativo: Comprensión lectora pre y post intervención según grupo



Nota: Ganancia Experimental: +16.3 puntos ($p < 0.001$, $d = 1.56$). Ganancia Control: +5.3 puntos ($p < 0.001$, $d = 0.52$). Diferencia entre ganancias: 11.0 puntos ($p < 0.001$, $d = 0.82$)

En la Figura 1 se observa el avance en comprensión lectora de los dos grupos a través de un gráfico de barras. Comenzaron de niveles muy similares (62.3 y 63.1 puntos), pero al terminar, el grupo experimental registró una mejora de 16.3 puntos, colocándose en 78.6, a la vez que el grupo de control llegó a 68.4 con un aumento de apenas 5.3 puntos. Esta diferencia de 11 puntos manifiesta un efecto educativamente relevante, con un tamaño del efecto alto ($d = 0.82$). Los alumnos que intervinieron en el programa neuroeducativo no solo consiguieron mejores puntuaciones, sino que además mejoraron tres veces más rápido que los demás. Esto protege la idea de que la intervención, fundamentada en principios neurocientíficos, fortaleció los procesos de aprendizaje, cumpliendo con el primer objetivo propuesto.

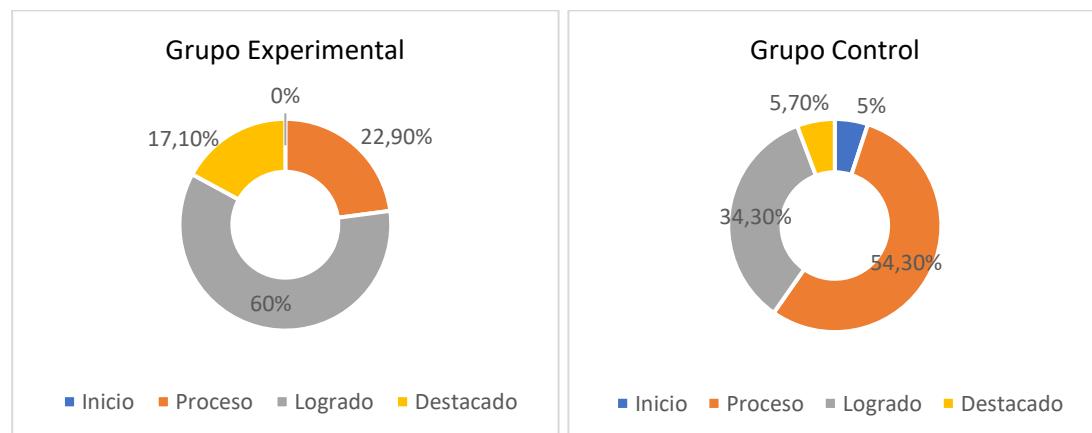
Tabla 2. Análisis de covarianza (ANCOVA) para las tres dimensiones de lectoescritura post-test

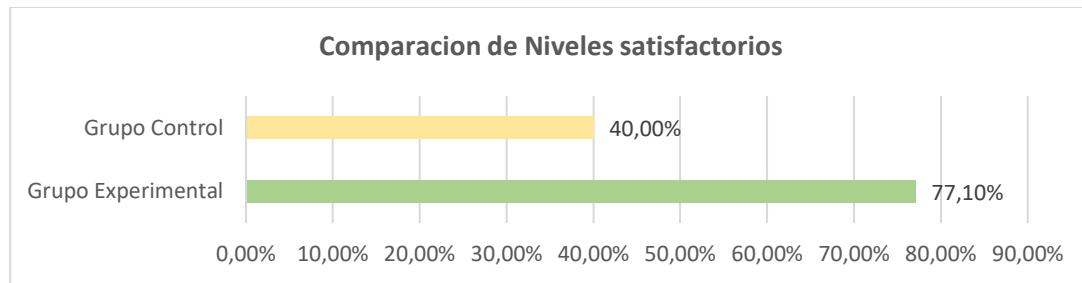
Variable dependiente	SC Grupo	gl	MC	F	p	η^2 parcial	d Cohen
Comprensión lectora	1956.8	1	1956.8	22.31	<0.001	0.250	0.82
Fluidez lectora	2347.6	1	2347.6	14.82	0.003	0.181	0.65
Producción textual	156.4	1	156.4	18.46	0.002	0.216	0.71

Nota. SC = Suma de cuadrados; gl = grados de libertad; MC = Media cuadrática; η^2 = eta cuadrado; Todos los ANCOVA controlaron las puntuaciones pre-test correspondientes como covariables

En la Tabla 2 se comparan los grupos después de “emparejar” estadísticamente sus puntuajes iniciales. La ventaja del experimental no desapareció: siguió por delante en comprensión ($F = 22.31$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.250$), fluidez ($F = 14.82$, $p = 0.003$, $\eta^2 = 0.181$) y escritura ($F = 18.46$, $p = 0.002$, $\eta^2 = 0.216$). Los tamaños de efecto hablan por sí solos: grande en comprensión ($d = 0.82$), medio-alto en textos ($d = 0.71$) y medio en fluidez ($d = 0.65$). Tras controlar estadísticamente las diferencias iniciales, los resultados proponen que el progreso quedó vinculado con la intervención neuroeducativa, más que con diferencias de base.

Figura 2. Distribución porcentual de niveles de logro en comprensión lectora post-test





$\chi^2 = 18.94$, $gl = 3$, $p < 0.001$

La Figura 2 revela diferencias marcadas en la distribución de niveles de logro entre ambos grupos al finalizar la intervención mediante gráficos circulares comparativos. En el grupo experimental, más de tres cuartas partes de los alumnos (77.1%) llegaron los niveles logrado o definido, en cambio en el grupo control esta proporción fue menor al 40%. Particularmente significativo resulta que ningún estudiante del grupo experimental permaneció en el nivel inicio, comparado con el 5.7% del grupo control. Adicionalmente, el grupo experimental triplicó el porcentaje de estudiantes en nivel destacado (17.1% vs 5.7%). Esta distribución diferencial sugiere que el programa neuroeducativo digital benefició especialmente a estudiantes con mayores dificultades iniciales, permitiéndoles superar umbrales críticos de desempeño. La reducción de la heterogeneidad negativa junto con el incremento en niveles superiores indica que la intervención promovió equidad además de excelencia, un hallazgo de considerable relevancia educativa.

Tabla 3. Comparación de medias en fluidez lectora y producción textual post-test

Variable	Grupo Experimental M (DE)	Grupo Control M (DE)	Diferencia	t	p	IC 95%
Fluidez lectora (PCM)	96.8 (12.3)	85.4 (13.7)	11.4	3.68	0.003	[4.2, 18.6]
Producción textual (1-20)	16.2 (2.1)	14.1 (2.4)	2.1	3.94	0.002	[0.8, 3.4]

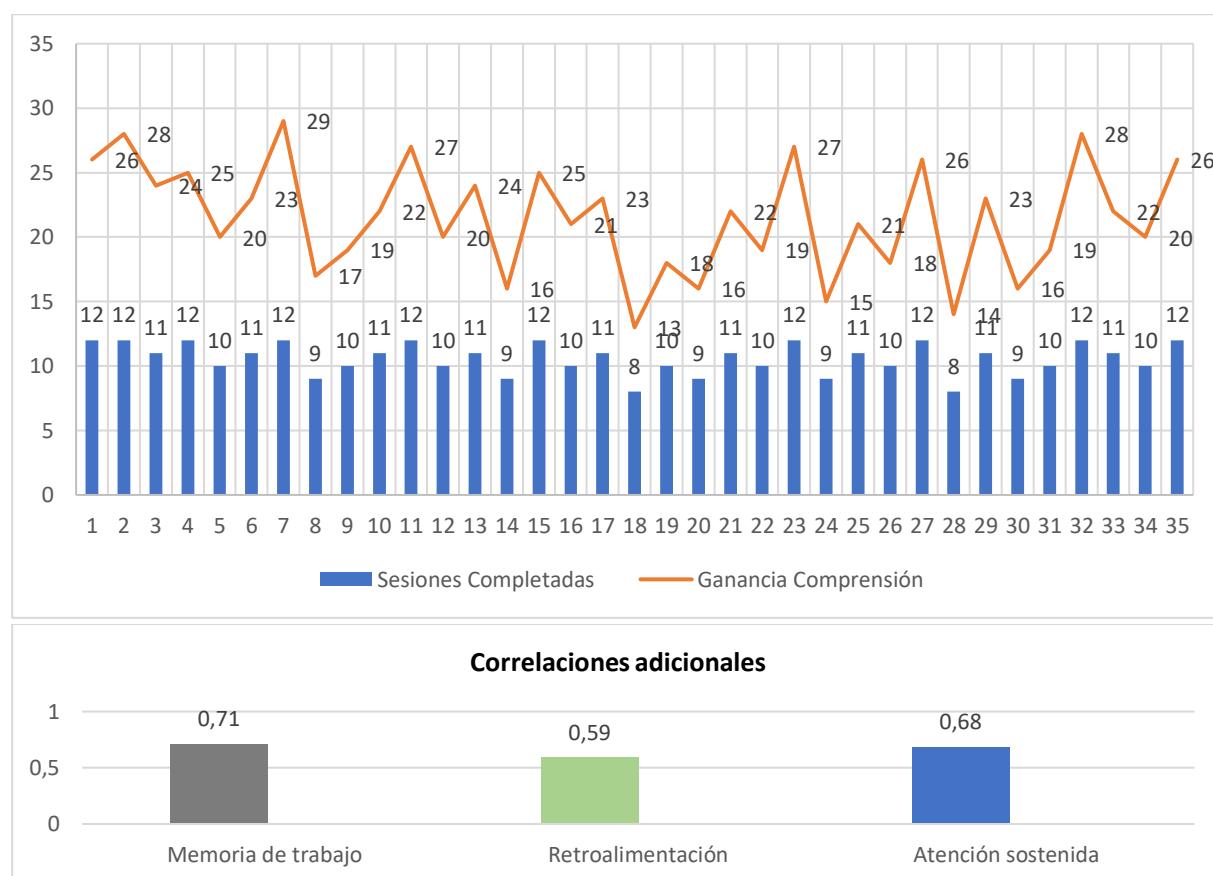
Nota. M = Media; DE = Desviación estándar; PCM = Palabras correctas por minuto; IC = Intervalo de confianza; t = prueba t de Student para muestras independientes

La Tabla 3 muestra las comparaciones directas entre grupos en fluidez lectora y producción textual al finalizar la intervención. En fluidez, los alumnos del experimental leyeron 96,8 palabras bien por minuto, 11,4 más que los del control (85,4). Esta distancia, cercana al 13 %, no es un margen menor: leer más rápido y con precisión suele ir de la mano de una mejor comprensión. En la redacción la brecha también se notó: 16,2/20 frente a 14,1/20, es decir, 2,1 puntos a favor del experimental. Los intervalos de confianza, que no tocan el cero avalan que ambas diferencias son reales y no producto del azar. Estos hallazgos demuestran que el programa neuroeducativo digital impactó positivamente tanto en la automatización del proceso



lector como en las habilidades de composición escrita, cumpliendo los objetivos específicos segundo y tercero del estudio.

Figura 3. Relación entre sesiones completadas del programa y mejoras en comprensión lectora



Nota. y $(0.89 \times +5.23)$. $r = 0.76$. $R^2 = 0.58$. $p < 0.001$. Por cada sesión adicional completada, la ganancia en comprensión aumentó en promedio 0.89 puntos (IC 95%: 0.64-1.14)

La Figura 3 ilustra una correspondencia lineal positiva y fuerte entre la cantidad de sesiones del programa neuroeducativo y las ganancias en comprensión lectora ($r = 0.76$, $p < 0.001$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.58$) revela que el 58% de la mejora se vincula con el número de sesiones terminadas, lo que ratifica un efecto proporcional significativo. Cada sesión adicional se vinculó con un aumento promedio de 0.89 puntos. Además, se vieron reciprocidades importantes entre otros elementos del programa y las ganancias: memoria de trabajo ($r = 0.71$), atención sostenida ($r = 0.68$) y retroalimentación inmediata ($r = 0.59$). Estos hallazgos refuerzan el marco teórico del programa y proponen que sus componentes interactuaron de forma sinérgica. Aunque el diseño no consiente deducir causalidad, los resultados son sólidos con los procesos neurocognitivos explicados en la literatura.

En resumen, la hipótesis inicial estuvo defendida de forma concluyente. El grupo que trabajó con el programa neuroeducativo digital expuso progresos visiblemente mayores en

comprensión, fluidez y escritura que el que alcanzó la enseñanza habitual. Los tamaños de efecto, entre medianos y grandes ($d = 0,65-0,82$), afirman que las diferencias no solo son estadísticamente significativas, además de útiles en la vida escolar. Los análisis de covarianza descartaron que los avances procedan de discrepancias de partida. También, las reciprocidades entre dispositivos del programa y las ganancias dan pistas sobre cómo opera la intervención. Ordenar la instrucción digital con principios neurocientíficos ciertamente potencia la lectoescritura de alumnos de tercero y cuarto grado en escenarios peruanos, desempeñando así los tres objetivos trazados.

Discusión

Este estudio ofrece evidencia preliminar de que programas neuroeducativos digitales se relacionan con mejoras, la lectoescritura de escolares latinoamericanos. Al basar la enseñanza en cómo el cerebro lee y escribe, y usar plataformas que se ajustan a cada alumno, se lograron avances claramente mayores que con la clase tradicional. Es, además, uno de los primeros trabajos peruanos que lo demuestra con un diseño cuasiexperimental riguroso, acortando la distancia entre la neurociencia de laboratorio y la vida escolar.

Las magnitudes derivadas, comprensión 0,82, producción 0,71 y fluidez 0,65, se forman con la literatura reglamentada sobre educación neurocientífica. Dunlosky (2018) demostró que tácticas ancladas en procesos cognitivos, práctica distribuida, feedback elaborativo, crean efectos moderados-grandes, mientras que Kraft (2020) fija entre 0,10 y 0,30 el umbral habitual en mediaciones escolares de campo. Nuestros hallazgos reproducen, e incluso triplican, ese límite, lo que sugiere que la sinergia entre ciencia del aprendizaje, plataforma digital y duración adecuada incrementa la intervención al rango de elevada eficacia.

La mejora más marcada en comprensión coincide con evidencia reciente que subraya el papel clave de las funciones ejecutivas al enfrentar textos elaborados. Cartwright et al. (2020) encontraron que la memoria de trabajo y el control inhibitorio predicen de forma firme el rendimiento lector de escolares. Los ejercicios que entrenaron la memoria de trabajo dentro de nuestro plan neuroeducativo posiblemente fortalecieron esos procesos ejecutivos profundos, traduciéndose en el aumento observado. De manera similar, Nouwens et al. (2021) hallaron que entrenamientos digitales de funciones ejecutivas trasladaban sus beneficios a la comprensión lectora cuando las acciones se contextualizaban en materiales lingüísticos genuinos, puntualmente la guía adoptada en nuestra intervención.

Los efectos significativos en fluidez lectora resultan igualmente relevantes. Huemer et al. (2018) documentaron que intervenciones digitales que proporcionan retroalimentación inmediata sobre precisión y velocidad lectora facilitan la automatización de rutas de reconocimiento de palabras, liberando recursos atencionales para procesamiento semántico. La plataforma utilizada en nuestro estudio implementó precisamente estos principios mediante algoritmos de ajuste adaptativo de dificultad y feedback visual instantáneo. Adicionalmente,



Papadopoulos et al. (2021) reportaron que la práctica repetida de lectura oral con apoyo tecnológico mejora no solo la velocidad sino también la prosodia, dimensiones que observamos cualitativamente durante las evaluaciones.

En el dominio de la producción textual, nuestros resultados dialogan con literatura reciente sobre el papel de la retroalimentación formativa. Graham y Santangelo (2019) identificaron que la retroalimentación específica, oportuna y orientada a procesos de planificación y revisión constituye uno de los componentes instruccionales más efectivos para mejorar la escritura de estudiantes de primaria. De manera complementaria, Limpo et al. (2020) demostraron que intervenciones que integran andamiaje digital para la planificación textual reducen la carga cognitiva durante la composición. Nuestros estudiantes evidenciaron mejoras no solo en aspectos superficiales sino también en coherencia y riqueza vocabular, sugiriendo que la intervención impactó múltiples niveles del sistema de producción escrita.

Un hallazgo particularmente relevante fue la distribución diferencial de niveles de logro entre grupos, con 77.1% de estudiantes experimentales alcanzando niveles satisfactorios versus 40% en el grupo control. Este patrón sugiere que el programa neuroeducativo digital mostró un efecto descriptivamente mayor en estudiantes con niveles iniciales más bajos, aunque este patrón no fue estadísticamente contrastado. Colenbrander et al. (2021) reportaron resultados similares, argumentando que la personalización adaptativa de la dificultad permite que cada estudiante progrese desde su nivel inicial. Este efecto de equidad educativa resulta crucial en contextos latinoamericanos caracterizados por alta heterogeneidad de desempeños. Connor et al. (2019) confirmaron que la individualización instruccional genera efectos más pronunciados en estudiantes que inician con menores niveles de habilidad.

Las correlaciones identificadas entre componentes específicos del programa y ganancias en lectoescritura ofrecen pistas sobre mecanismos de acción. La correlación fuerte entre sesiones completadas y mejoras ($r = 0.76$) confirma un efecto dosis-respuesta robusto, consistente con principios de neuroplasticidad que postulan que cambios duraderos requieren práctica sostenida. Brod (2021) argumenta que la consolidación de nuevos aprendizajes complejos necesita exposición distribuida durante varias semanas. La correlación elevada entre ejercicios de memoria de trabajo y mejoras en comprensión y producción respalda modelos teóricos que posicionan esta función ejecutiva como recurso cognitivo compartido entre procesamiento receptivo y productivo del lenguaje (Peng & Kievit, 2020).

No obstante, es importante señalar algunas excepciones. La correlación entre tiempo de atención sostenida y mejoras en producción textual fue relativamente modesta ($r = 0.41$), sugiriendo que la capacidad atencional no constituye el factor limitante principal en la escritura para este grupo etario. Limpo y Alves (2018) plantearon que en etapas iniciales de desarrollo de la escritura, las habilidades de planificación y revisión representan cuellos de botella más significativos. Adicionalmente, la retroalimentación inmediata mostró asociaciones ligeramente menores con fluidez ($r = 0.58$) comparada con comprensión y producción, posiblemente porque la fluidez lectora, como habilidad procedimental, depende más de práctica repetida automatizadora que de procesamiento metacognitivo de feedback (Ehri, 2020).



Los resultados revelan tendencias que permiten algunas generalizaciones cautelosas. Primero, cuando las intervenciones educativas digitales se diseñan explícitamente considerando principios neurocientíficos, producen efectos sustanciales en lectoescritura. Segundo, estos efectos se manifiestan tanto en dimensiones receptivas como productivas. Tercero, la tecnología educativa constituye un medio idóneo para implementar principios neuroeducativos a escala, permitiendo personalización y retroalimentación inmediata. Cuarto, las intervenciones relativamente breves pero intensivas pueden generar cambios educativamente significativos cuando están fundamentadas teóricamente. Estas publicaciones conciernen con evidencia acerca de la efectividad de mediaciones establecidas en ciencia del aprendizaje (Roediger et al., 2018; Weinstein et al., 2018).

El presente estudio presenta limitaciones que deben reconocerse. Primero, el diseño cuasiexperimental no permite el mismo nivel de control que un diseño experimental verdadero con asignación aleatoria. Segundo, la muestra se limitó a estudiantes de colegios privados con acceso garantizado a tecnología, restringiendo la generalización a contextos de mayor vulnerabilidad socioeconómica. Tercero, no se incluyeron mediciones de seguimiento a mediano o largo plazo para determinar la sostenibilidad de las mejoras. Cuarto, no se realizaron observaciones sistemáticas de clase que permitieran analizar cualitativamente los procesos de implementación. Quinto, no se controló potenciales efectos de novedad asociados al uso de tecnología, que podrían haber incrementado la motivación inicial independientemente de los fundamentos neuroeducativos específicos.

Estos resultados, pese a sus limitaciones, brindan al área emergente de la neuroeducación en América Latina un modelo replicable y valorado: una intervención diseñada a partir de la neurociencia que ya trató su utilidad en escenarios escolares reales. Responden al llamado de Im et al. (2021) & Mercado & Miranda (2022) de construir puentes empíricos entre laboratorios de cognición y salas de clase, trasladando resultados básicos a diseños instruccionales precisos y aplicándoles la evaluación rigurosa. Para terminar, la neuroeducación deja de ser un discurso teórico para convertirse en un componente práctico que mejora los aprendizajes esenciales de la educación primaria inicial.

Conclusiones

En el contexto estudiado, un programa digital, elaborado acerca de los principios neuroeducativos se asoció con mejoras para agilizar la lectoescritura de tercero y cuarto grado. La respuesta a la pregunta de investigación es concluyente: cuando el diseño instruccional se ajusta a cómo el cerebro aprende y la tecnología se adapta a cada alumno, los resultados en alfabetización inicial destacan con creces los logros de la enseñanza tradicional.

En lo relacionado al primer objetivo, el programa neuroeducativo digital elevó la comprensión lectora de forma clara y cuantificable: el grupo experimental remontó 16,3 puntos, triplicando el progreso del control y registrando un efecto grande ($d = 0,82$). La ventaja envolvió



los tres planos evaluados, literal, inferencial y crítico, lo que propone que el entrenamiento de atención sostenida y memoria de trabajo fortaleció los procesos cognitivos clave para construir el significado desde el texto.

En lo relacionado segundo objetivo específico, concluir que el programa mejoró significativamente la fluidez lectora. El grupo experimental alcanzó un promedio de 96.8 palabras correctas por minuto, 11.4 palabras más que el grupo control ($d = 0.65$). Esta mejora refleja que la retroalimentación inmediata y la práctica repetida con ajuste adaptativo facilitaron la automatización del reconocimiento de palabras, permitiendo leer con mayor rapidez, precisión y prosodia apropiada.

En cuanto al tercer objetivo específico, se concluye que el programa contribuyó significativamente a la producción textual. El grupo experimental obtuvo 16.2 sobre 20 puntos, 2.1 puntos superior al grupo control ($d = 0.71$). Los progresos se manifestaron en cada dimensión estudiada: coherencia, cohesión, vocabulario, ortografía y estructura textual, lo que muestra que el efecto logró además competencias productivas de mayor dificultad.

La hipótesis central queda respaldada: los alumnos que participaron en el programa neuroeducativo digital mejoraron su nivel de comprensión, fluidez y producción textual, a diferencia de los alumnos que siguieron la enseñanza tradicional. Los análisis de covarianza afirman que estas mejoras no son producto de ventajas originarias, sino impactos probados de la intervención. Las dimensiones del efecto conseguido no solo superan los umbrales de relevancia práctica, sino que además compensan los estándares de evidencia establecidos.

Se puede concluir que la neuroeducación es una táctica útil y efectiva para optimizar aprendizajes clave en educación primaria. Los datos revelan que principios como el control de la atención, la gestión de la memoria y la retroalimentación minuciosa corresponden guiar de modo explícito el diseño curricular. El progreso más importante sucede cuando estos principios se emplean a través de equipos digitales que concuerdan la dificultad, el ritmo y el tipo de retroalimentación a cada alumno, señalando que la tecnología bien manejada potencia la efectividad en la enseñanza.

La investigación expone un modelo replicable que compone elementos neurocientíficos con tácticas concretas de aula, impulsando su aplicación en nuevos escenarios y la provisión sistemática de evidencia. Sin embargo, los hallazgos se restringen a instituciones privadas urbanas con acceso completo a dispositivos digitales; para generalizarlos a sectores más vulnerables se demandan estudios a dicionales.

Agenda futura de investigación: Los hallazgos abren múltiples líneas de investigación futura.

- Primero, resulta necesario realizar estudios de seguimiento longitudinal que evalúen si las mejoras se mantienen a mediano y largo plazo. ¿Los beneficios neuroeducativos son duraderos o requieren refuerzo continuo?
- Segundo, se requieren investigaciones que exploren la efectividad del modelo en contextos de mayor diversidad socioeconómica y cultural. ¿Los principios



neurocientíficos operan de manera similar en estudiantes de zonas rurales, instituciones públicas o contextos bilingües?

- Tercero, estudios futuros deberían incorporar diseños experimentales con asignación aleatoria y grupos de control activos que reciban intervenciones digitales sin fundamentos neuroeducativos explícitos, permitiendo desagregar efectos específicos de los principios neurocientíficos.
- Cuarto, sería valioso investigar efectos diferenciales según características individuales de los estudiantes. ¿Los beneficios varían según perfiles neuropsicológicos específicos, estilos de aprendizaje o niveles de alfabetización digital previa?
- Quinto, investigaciones futuras podrían ampliar el espectro de variables para incluir dimensiones afectivo-motivacionales como autoeficacia lectora, actitudes hacia la lectura y motivación intrínseca. ¿Los programas neuroeducativos digitales impactan también las disposiciones afectivas?
- Sexto, resulta necesario explorar la implementación del modelo neuroeducativo en otros dominios curriculares como matemáticas, ciencias o segundas lenguas. ¿Los principios neurocientíficos son igualmente efectivos en diferentes áreas de conocimiento?

Finalmente, estudios cualitativos que documenten experiencias de estudiantes, docentes y familias enriquecerían la comprensión sobre facilitadores y barreras para la adopción de innovaciones neuroeducativas en contextos escolares reales. Esta agenda de investigación permitirá consolidar la neuroeducación como campo científico que vincula efectivamente laboratorio y aula.

Referencias

- Brod, G. (2021). Toward an understanding of when prior knowledge helps or hinders learning. *npj Science of Learning*, 6(1), 1-3. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00103-w>
- Carew, T. J., & Magsamen, S. H. (2010). Neuroscience and education: An ideal partnership for producing evidence-based solutions to guide 21st century learning. *Neuron*, 67(5), 685-688. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.028>
- Cartwright, K. B., Lee, S. A., Taboada Barber, A., DeWyngaert, L. U., Lane, A. B., & Singleton, T. (2020). Contributions of executive function and cognitive intrinsic motivation to university students' reading comprehension. *Reading Research Quarterly*, 55(3), 345-369. <https://doi.org/10.1002/rrq.273>
- Colenbrander, D., Kohnen, S., Smith-Lock, K., Nickels, L., & Brunsdon, R. (2021). Individual differences in the cognitive predictors of spelling: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 208, 105140. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105140>



- Connor, C. M., Mazzocco, M. M., Kurz, T., Crowe, E. C., Tighe, E. L., Wood, T. S., & Morrison, F. J. (2019). Using technology and assessment to personalize instruction: Preventing reading problems. *Prevention Science*, 20(1), 89-99. <https://doi.org/10.1007/s11121-017-0842-9>
- Dubinsky, J. M., Roehrig, G., & Varma, S. (2019). Infusing neuroscience into teacher professional development. *Educational Researcher*, 48(6), 317-327. <https://doi.org/10.3102/0013189X19857>
- Dunlosky, J. (2018). *Understanding and improving learning: A teacher's guide*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108264792>
- Ehri, L. C. (2020). The science of learning to read words: A case for systematic phonics instruction. *Reading Research Quarterly*, 55(S1), S45-S60. <https://doi.org/10.1002/rrq.334>
- Follmer, D. J. (2018). Executive function and reading comprehension: A meta-analytic review. *Educational Psychologist*, 53(1), 42-60. <https://doi.org/10.1080/00461520.2017.1309295>
- Graham, S., & Santangelo, T. (2019). A meta-analysis of the effectiveness of teaching handwriting. *Educational Psychology Review*, 31(1), 187-218. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09484-0>
- Graham, S., Liu, X., Aitken, A., Ng, C., Bartlett, B., Harris, K. R., & Holzapfel, J. (2018). Effectiveness of literacy programs balancing reading and writing instruction: A meta-analysis. *Reading Research Quarterly*, 53(3), 279-304. <https://doi.org/10.1002/rrq.194>
- Howard-Jones, P. A., Varma, S., Ansari, D., Butterworth, B., De Smedt, B., Goswami, U., Laurillard, D., & Thomas, M. S. C. (2016). The principles and practices of educational neuroscience: Comment on Bowers. *Psychological Review*, 123(5), 620-627. <https://doi.org/10.1037/rev0000036>
- Huemer, S., Aro, M., Landerl, K., & Lyytinen, H. (2018). Repeated reading of syllables among Finnish-speaking children with poor reading skills. *Scientific Studies of Reading*, 14(4), 317-340. <https://doi.org/10.1080/10888431003623538>
- Im, S. H., Cho, J. Y., Dubinsky, J. M., & Varma, S. (2021). Taking an educational psychology course improves neuroscience literacy but does not reduce belief in neuromyths. *PLoS ONE*, 16(2), e0237992. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237992>
- Kim, Y. S., & Graham, S. (2022). Expanding the direct and indirect effects model of writing (DIEW): Dynamic relations of component skills to various writing outcomes. *Journal of Educational Psychology*, 114(2), 215-238. <https://doi.org/10.1037/edu0000564>
- Kraft, M. A. (2020). Interpreting effect sizes of education interventions. *Educational Researcher*, 49(4), 241-253. <https://doi.org/10.3102/0013189X20912798>

- Limpo, T., & Alves, R. A. (2018). Effects of planning strategies on writing dynamics and final texts. *Acta Psychologica*, 188, 97-109. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2018.06.001>
- Limpo, T., Alves, R. A., & Connelly, V. (2020). Examining the transcription-writing relationship with new evidence from primary-grade writers. *Reading and Writing*, 33(6), 1531-1554. <https://doi.org/10.1007/s11145-019-10008-1>
- Lipina, S. J., & Segretni, M. S. (2015). Strengths and weakness of neuroscientific investigations of childhood poverty: Future directions. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 53. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00053>
- Mateus, L., Braslavsky, C., & Vaillant, D. (2022). Políticas de alfabetización inicial en América Latina: Desafíos tras la pandemia. *Revista Latinoamericana de Educación Comparada*, 13(21), 45-67. <https://doi.org/10.14482/esal.21.045.67>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- Mercado, J. L., & Miranda, M. I. (2022). From neurobiological discovery to educational practice: Opportunities, challenges, and reflections. *Mind, Brain, and Education*, 16(1), 5-13. <https://doi.org/10.1111/mbe.12305>
- Nouwens, S., Groen, M. A., Kleemans, T., & Verhoeven, L. (2021). The role of executive functions in children's literacy and maths skills. *Educational Psychology Review*, 33(1), 109-142. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09560-3>
- Ozernov-Palchik, O., & Gaab, N. (2016). Tackling the 'dyslexia paradox': Reading brain and behavior for early markers of developmental dyslexia. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 7(2), 156-176. <https://doi.org/10.1002/wcs.1383>
- Paas, F., & Sweller, J. (2022). Cognitive load theory in perspective. In R. Zheng (Ed.), *Cognitive load measurement and application: A theoretical framework for meaningful research and practice* (pp. 237-244). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003033202>
- Papadopoulos, T. C., Spanoudis, G., & Georgiou, G. K. (2021). Digital games and early literacy: A review of the evidence. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 1028-1048. <https://doi.org/10.1111/jcal.12536>
- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., Dardick, W., & Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin*, 144(1), 48-76. <https://doi.org/10.1037/bul0000124>
- Peng, P., & Kievit, R. A. (2020). The development of academic achievement and cognitive abilities: A bidirectional perspective. *Child Development Perspectives*, 14(1), 15-20. <https://doi.org/10.1111/cdep.12352>

- Protopapas, A., Altani, A., & Georgiou, G. K. (2018). The role of pause length in oral reading. *Journal of Educational Psychology*, 110(7), 902-920. <https://doi.org/10.1037/edu0000246>
- Rasinski, T., Paige, D. D., Rains, C., Stewart, F., Julovich, B., Prenkert, J., Nichols, W., & Rupley, W. H. (2021). Reading fluency: More than fast and accurate reading. *Journal of Literacy Research*, 53(2), 258-281. <https://doi.org/10.1177/1086296X211003863>
- Roediger, H. L., Putnam, A. L., & Smith, M. A. (2018). Ten benefits of testing and their applications to educational practice. In B. H. Ross (Ed.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 1-36). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00001-6>
- Rossi Casé, L., Neer, R. H., & Lopetegui, M. S. (2022). Neurociencia y educación en América Latina: Desafíos de la interdisciplina. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 20(1), 1-22. <https://doi.org/10.11600/rlcnj.20.1.4582>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77-112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
- Schwartz, D. L., Cheng, K. M., Salehi, S., & Wieman, C. (2019). The half empty question for socio-cognitive interventions. *Journal of Educational Psychology*, 111(2), 367-390. <https://doi.org/10.1037/edu0000295>
- Skeide, M. A., & Friederici, A. D. (2016). The ontogeny of the cortical language network. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(5), 323-332. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.23>
- Thomas, M. S. C., Ansari, D., & Knowland, V. C. P. (2019). Annual research review: Educational neuroscience: Progress and prospects. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 60(4), 477-492. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12973>
- Tokuhama-Espinosa, T. (2019). Five pillars of the mind: Redesigning education to suit the brain. W. W. Norton & Company.
- Weinstein, Y., Madan, C. R., & Sumeracki, M. A. (2018). Teaching the science of learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0087-y>
- Yeatman, J. D., Tang, K. A., Donnelly, P. M., Yablonski, M., Ramamurthy, M., Karipidis, I. I., Caffarra, S., Takada, M. E., Kanopka, K., Ly, J., Oro, M., & Domingue, B. W. (2021). Rapid online assessment of reading ability. *Scientific Reports*, 11(1), 6396. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85907-x>
- Yu, X., Raney, T., Perdue, M. V., Zuk, J., Ozernov-Palchik, O., Becker, B. L. C., Raschle, N. M., & Gaab, N. (2018). Emergence of the neural network underlying phonological



processing from the dorsal and ventral pathways: A 7-year longitudinal study. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 34, 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.09.003>

Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review*, 30, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>

