

Juegos y videojuegos para rehabilitación de la dislexia: fundamentación neurocognitiva y psicolingüística

Games and videogames for dyslexia rehabilitation: neurocognitive and psycholinguistic foundation

<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2024-405-631>

Iluminada Sánchez-Doménech

<https://orcid.org/0000-0002-4342-2145>

Universidad internacional de La Rioja

Beatriz Martín del Campo

<https://orcid.org/0000-0001-6957-6233>

Universidad de Castilla

Resumen

La Dislexia del desarrollo (DD) es un trastorno del neurodesarrollo que dificulta el aprendizaje de la lectura y la escritura. Su etiología neurológica y los déficits cognitivos asociados siguen siendo objeto de investigación. La tecnología ha posibilitado el desarrollo de plataformas, juegos y videojuegos (PJV) para la rehabilitación de DD. Ante la diversidad de hipótesis y enfoques terapéuticos, es conveniente conocer el estado de la cuestión, así como comprobar si los PJV responden a este conocimiento actualizado. Con este objetivo, se revisan las hipótesis neurocognitivas, cognitivas y psicolingüísticas explicativas de la DD. Se realiza una revisión y análisis de los PJV disponibles en el mercado español con alguna evidencia científica publicada y comercializados en España y orientados a la DD. Se identifican ocho: Galexia, Ubinding, Glifing, Tradislexia, GraphoGame, Jellys, DyetectiveU y Minecraft y se analizan desde cuatro niveles de intervención: neurológico, cognitivo, psicolingüístico y de desempeño. Los PJV se discuten desde el contraste con la evidencia investigadora en el campo. Se realizan recomendaciones para un mayor ajuste a esta evidencia. Se concluye que, a pesar de que la intervención directa del profesional sigue siendo imprescindible, las aplicaciones constituyen un refuerzo didáctico motivador, aunque es conveniente disponer de información teórico-técnica detallada

para personalizar la intervención desde las fortalezas y debilidades del sujeto particular y considerando la posible existencia de distintos subtipos de DD.

Palabras clave: dislexia, videojuegos, intervención mediada por ordenador, conciencia fonológica, psicolingüística, neuropsicología.

Abstract

Developmental Dyslexia (DD) is a neurodevelopmental disorder that makes learning to read and write difficult. Its neurological etiology and associated cognitive deficits continue to be the subject of research. Technology has made possible the development of platforms, games, and video games (PJV) for DD rehabilitation. Due to the diversity of hypotheses and therapeutic approaches, it is convenient to know the state of the art, as well as to check whether PJV respond to this updated knowledge. With this objective, the neurocognitive, cognitive, and psycholinguistic hypotheses explaining DD are reviewed. A review and analysis of the PJV available in the Spanish market with some published scientific evidence and marketed in Spain and aimed at DD is carried out. Eight are identified: Galexia, Ubinding, Glifing, Tradislexia, GraphoGame, Jellys, DytectiveU and Minecraft and are analyzed from four levels of intervention: neurological, cognitive, psycholinguistic and performance. The PJV are discussed in contrast with the research evidence in the field. Recommendations are made for further adjustment to this evidence. It is concluded that, although the direct intervention of the professional continues to be essential, the applications constitute a motivating didactic reinforcement, although it is convenient to have detailed theoretical-technical information to personalize the intervention based on the strengths and weaknesses of the child and considering the possible existence of different subtypes of DD.

Keywords: dyslexia, computer-based training, videogames, phonemic awareness, neuropsychology; psycholinguistics.

Introducción

La Dislexia del Desarrollo (DD) es un trastorno neurobiológico que dificulta la adquisición de la lectura a pesar de una instrucción escolar adecuada e independientemente de la capacidad intelectual general cuya prevalencia se estima entre el 5% y el 15% de la población. Sus síntomas se manifiestan como un déficit en la decodificación de las letras, inexactitud y/o baja fluidez lectoras y disortografía.

La investigación de los déficits neurológicos subyacentes en la DD ha dado lugar a distintas hipótesis explicativas. Actualmente, compiten en la explicación de las dificultades en la lectura de la DD aquellos que defienden un déficit subyacente en el procesamiento visual (Vidyasagar y Pammer, 2010), los que defienden la hipótesis de un déficit en el procesamiento auditivo (Goswami, 2019), una tercera que afirma que los déficits subyacentes pueden localizarse tanto en el sistema del procesamiento auditivo como en el visual (Gori et al., 2016) y una cuarta hipótesis que aspira a ser integradora de las anteriores que apunta a un deficiente procesamiento de breves y rápidos estímulos en serie (Habib, 2021).

Las teorías explicativas de un solo factor cognitivo subyacente no pueden explicar satisfactoriamente la variedad de perfiles y síntomas (perceptuales y motores) de los niños y niñas disléxicos (Willcut et al., 2019). Por ejemplo, no todos los niños con DD presentan únicamente un déficit fonológico (Snowling et al., 2018; Norton y Wolf, 2012) a pesar de que este déficit sigue siendo la hipótesis explicativa de la DD más aceptada. La teoría del doble déficit afirma que las dificultades de lectura surgen como resultado de un déficit de la conciencia fonológica, como resultado de un déficit en el nombramiento rápido (RAN, por sus siglas en inglés) o como resultado de ambos déficits (Wolf y Bowers, 2000). A la diversidad de perfiles cognitivos se suma la diferente utilidad predictiva de la conciencia fonológica dependiendo del nivel de transparencia ortográfica del idioma (Pennington et al., 2012).

La tecnología ha penetrado de forma importante en el ámbito de la rehabilitación de las dificultades de aprendizaje. En la rehabilitación de la DD se encuentran cuatro niveles de intervención apoyados en la tecnología: 1) el de carácter experimental derivado de las hipótesis sobre la etiología neurológica de la DD; 2) la orientada al entrenamiento de los déficits cognitivos subyacentes a las dificultades lectoras; 3) la enfocada al desarrollo de habilidades metalingüísticas y lingüísticas y 4) la centrada en la mejora del desempeño basada en la sintomatología.

Ante la diversidad de teorías explicativas y de enfoques terapéuticos, se considera necesario un análisis del estado de la cuestión desde los cuatro niveles mencionados en cuanto a la evidencia recogida sobre las causas de la DD y cómo las aplicaciones tecnológicas para la rehabilitación de la DD desarrolladas y comercializadas en España y en idioma castellano recogen en sus intervenciones estas hipótesis explicativas y las evidencias científicas en cuanto a la intervención en DD.

Metodología

El objetivo general de este estudio es proporcionar una actualización sobre las hipótesis explicativas de la DD y examinar los PJV disponibles en el mercado español orientados a la rehabilitación de la DD. Como objetivos específicos se plantean los siguientes: 1) contrastar los PJV con la evidencia científica sobre la DD y su intervención; 2) proporcionar a los y las profesionales del ámbito clínico y educativo fundamentación neurocognitiva y psicolingüística para la toma de decisiones informadas sobre el uso de estas PJV en la rehabilitación de la DD y 3) aportar recomendaciones para diseñar tecnología de intervención que sea compatible con los hallazgos acerca de la DD.

El diseño de la investigación se dividió en tres fases: 1) búsqueda de aplicaciones, videojuegos o plataformas para la rehabilitación de la DD con evidencia científica (publicación en revistas científicas) y/o comercializados en España; 2) análisis de las plataformas, artículos, manuales técnicos e información aportada por los diseñadores o comercializadores; 3) clasificación de las actividades que incluyen los PJV según el nivel de intervención; 4) búsqueda de evidencias científicas sobre hipótesis neurológicas, consecuencias cognitivas y síntomas y sobre el tratamiento de la DD en cada uno de esos niveles.

Para la búsqueda de PJV con evidencia científica se utilizaron las bases de datos Scopus, WOS, Dialnet y Google Académico. No se utilizó ningún filtro para el periodo de búsqueda. Esta se realizó durante el mes de marzo del 2023. Las cadenas de palabras clave utilizadas y los resultados fueron los que se recogen en la Tabla I.

Tras esta primera selección, se hizo un cribado aplicando los siguientes criterios de inclusión: estudios experimentales con aplicaciones, videojuegos y plataformas para la rehabilitación de la DD en niños y niñas menores de 18 años, rehabilitación en idioma castellano y referidos a la aplicación de un juego tecnológico, videojuego o plataforma concreta utilizada para valorar los resultados. Se excluyeron artículos de opinión o teóricos y generales sobre la tecnología y la rehabilitación en DD. Tras la aplicación de los criterios de inclusión, quedaron un total de 9 trabajos relevantes que ofrecían datos empíricos sobre la eficacia de PJV en español.

Para hallar PJV comercializadas en España, se hizo una búsqueda en Google con las palabras: Dislexia, intervención, lectura, aplicación, plataforma, juego, videojuego. Se hallaron dos libros de PJV comercializados (DyctectiveU y Glifing). En la Tabla II se recogen los

TABLA I. Fórmulas de búsqueda y resultados

Formula de búsqueda	Resultados	Seleccionados
Intervención AND dislexia AND tecnología	WOS = 9 Scopus = 5	8
Intervención AND dislexia AND aplicaciones	WOS = 41 Scopus = 2	30
Intervención AND dislexia AND ordenador	WOS=12 Scopus = 8	3
Dificultades lectoras AND ordenador	WOS =55 Scopus=0	122
Intervención asistida por ordenador AND dislexia	Google Académico=6 WOS=3 Scopus=0	0
Dislexia-aplicación-tecnología-videojuego	Dialnet=3	0
		163

Fuente: elaboración propia.

TABLA II. PJV comercializados en España con y sin evidencia científica

Programa	Publicación	Impacto en grupo experimental
Transdislexia	Jiménez y Rojas (2008)	CF y lectura de pseudopalabras
Ubinding	López-Olóriz et al. (2020)	VL y precisión de lectura
	Forne et al. (2022)	VL y precisión de lectura
DyetectiveU	Rello (2018)	Segmentación fonémica, ortografía, lectura de pseudopalabras, transcripción y FV
Jellys	Ostiz-Blanco et al. (2018)	No hubo mejoras en ritmo y atención
Galexia	Serrano et al. (2016)	VL de palabras, comprensión lectora mediada por habilidades prosódicas
Glifing	García i Ortíz et al. (2016)	VL
Minecraft	Jiménez y Díez (2018)	FL y lectura por vía léxica
GraphoGame	Rosas et al. (2017)	RAN e identificación de sonido de las letras.

Nota. RAN=velocidad de denominación por sus siglas en inglés; CF=conciencia fonológica; VL=velocidad lectora; FV=fluidez verbal. FL=fluidez lectora.

Fuente: elaboración propia.

PJV existentes en castellano junto con las publicaciones asociadas, tanto artículos de investigación como libros publicados sobre los PJV comercializados.

Tras el análisis de los PJV hallados se clasificaron las actividades que contienen según cuatro niveles de intervención que se exponen en Resultados. A continuación, se realizó una búsqueda bibliográfica no sistemática sobre la fundamentación teórica-científica de cada uno de los niveles: neurológico, cognitivo, psicolingüístico y de desempeño o sintomatológico.

Resultados

A continuación, se analizan los cuatro niveles de intervención contrastándolos con los PJV relacionados en la Tabla II y en relación con las hipótesis explicativas y el estado de la investigación sobre la intervención en DD.

Primer nivel de intervención: hipótesis neurocognitivas

En primer lugar, la hipótesis del déficit fonológico sostiene que las personas con dislexia experimentan dificultades específicas en la representación, almacenamiento y/o recuperación de los sonidos del habla por lo que tienen dificultad para leer en un sistema alfabético que requiere comprender la correspondencia entre grafemas y fonemas (Ramus et al., 2003). Este déficit podría tener un correlato neurológico con las diferencias en tamaño y morfología del Giro de Heschl (GH) encontradas en niños en riesgo de desarrollar dislexia antes de comenzar el aprendizaje de la lectura (Clark et al., 2014; Kuhl et al., 2020). Esta estructura desempeña un papel crucial en el análisis y la codificación de las características temporales del habla. Como resultado, en niños y niñas con DD la respuesta neuronal muestra una ligera desincronización temporal en comparación con las partes más informativas de la señal del habla (Goswami, 2019). Desde esta hipótesis, se espera que la tecnología contribuya a mejorar el procesamiento auditivo del habla, por ejemplo, mejorando la envolvente dominada por frecuencias más bajas (<10 Hz) que codifican las características prosódicas y silábicas del habla (Klimovich-Gray et al., 2023), el entrenamiento en la escucha dicótica (Helland et al., 2018) o del ritmo auditivo (Van Hirtum et al., 2019;

Van Herck et al., 2022). Respecto al entrenamiento del ritmo auditivo, Bonacina et al. (2015) encontraron un efecto positivo en las habilidades subléxicas tanto en la velocidad como en la precisión de lectura y efectos significativos en la velocidad lectora (VL) de pseudopalabras cortas, la VL de pseudopalabras largas, la precisión de lectura de palabras largas de alta frecuencia y la precisión de lectura de texto.

El déficit en el sistema magnocelular/dorsal es otra de las hipótesis sobre la etiología neurológica de la DD. Se basa en las diferencias morfológicas y de localización encontradas en el núcleo geniculado lateral (NGL) en individuos con dislexia (Giraldo-Chica y Schneider, 2018). El núcleo geniculado lateral juega un papel crucial en la transmisión de estímulos visuales hacia la corteza a través de dos vías: la vía ventral (occipito-temporal) y la vía dorsal (temporo-parietal). Esta estructura es fundamental para el procesamiento visual, la percepción del movimiento (Gori et al., 2016) y el enfoque de la atención espacial y temporal (Ruffino et al., 2014). Dentro de estas vías, se encuentran giros con funciones importantes para el procesamiento visual, como el fusiforme y el lingual, en los cuales se ha observado una disrupción sináptica o reducción en las líneas de corriente (Centanni et al., 2019; Lou et al., 2019), así como diferencias estructurales (Clark et al., 2014) en niños en riesgo de dislexia y que desarrollaron DD más tarde. Esta hipótesis busca proporcionar una explicación integral al afirmar que los déficits de decodificación fonológica en la dislexia podrían surgir de deficiencias en el procesamiento sensorial en áreas primarias relacionadas con estímulos dinámicos tanto visuales como auditivos (Gori et al., 2016). Por lo tanto, esta hipótesis apunta a un déficit más amplio del procesamiento sensorial espaciotemporal (Habib, 2021) y puede explicar por qué los disléxicos tienen dificultades para recordar la posición relativa de las letras en las palabras, lo que resulta en errores típicos en su escritura, como sustituciones, inversiones, omisiones y adiciones (Vidyasagar y Pammer, 2010). Apoyando esta hipótesis se ha hallado que la corteza parietal inferior respalda la representación interna explícita de la información de orden, mientras que la red atencional dorsal puede apoyar una representación mental en la cual el orden secuencial se representa mediante códigos posicionales espaciales (Zhou et al., 2021). Desde esta hipótesis las intervenciones para la dislexia implican el entrenamiento para cambiar rápidamente la atención visual y auditiva, así como el entrenamiento del foco atencional a través de juegos de acción modificados (Bertoni et al., 2021) y el

TABLA III. Habilidades relacionadas con la etiología neurológica de la DD en los PJV

Programa	PM	P AU	FA	RA	AV	DCV	DCA
Tradislexia		x		x			
Ubinding							
DytectiveU						x	x
Galexia							
Glifing							
Jellys				x	x		
Minecraft							
GraphoGame							

Nota. PM=Percepción del movimiento; P AU=Procesamiento auditivo; FA=Foco de atención; RA=Ritmo auditivo; AV=Atención visual; DCV=Discriminación y categorización visual; DCA= Discriminación y categorización auditiva.
Fuente: elaboración propia.

desarrollo de videojuegos que pueden evaluar y potencialmente abordar este déficit en los entornos educativos, según Tulloch y Pammer (2019).

En la Tabla III se recogen los PJV que contienen actividades orientadas a este nivel de intervención.

De los PJV objeto de análisis en este estudio, Jellys (Ostiz-Blanco et al., 2018), se centra en el entrenamiento del ritmo auditivo y la atención visual en niños y niñas con DD. También Tradislexia incorpora alguna actividad orientada a la identificación del ritmo auditivo y la percepción del habla. Sin embargo, y en referencia a la percepción del movimiento, es bastante probable que videojuegos como Minecraft y Galexia trabajen este aspecto, aunque no sea un objetivo rehabilitador declarado.

Segundo nivel de intervención: habilidades cognitivas

Se ha recogido ya suficiente evidencia para poder afirmar que existen déficits cognitivos que caracterizan a la DD: velocidad de procesamiento (VP) y memoria de trabajo (MT) (Lonergan et al., 2019; Maehler et al., 2019). Los estudios que utilizan pruebas para descartar la comorbilidad con TDAH en la composición de las muestras no han encontrado

déficits en la atención sostenida en DD, pero sí en la atención selectiva (Fernández-Andrés et al., 2019). Por otra parte, los niños y niñas con DD parecen tener tiempos de reacción más lentos en el cambio de atención y una MT auditiva deficitaria (Lonergan et., 2019). En cuanto a otras funciones ejecutivas (FE), los estudios son contradictorios, quizás por la alta tasa de comorbilidad DD/TDAH (Lonergan et al., 2019), los distintos criterios de diagnóstico utilizados, los puntos de corte para la inclusión de individuos en las muestras (Doyle et al., 2018) o el tipo de pruebas administrado (Sánchez-Doménech, 2022).

Los PJV analizados incluyen tareas que dicen mejorar habilidades cognitivas. En la Tabla IV se recogen las habilidades que incluye cada aplicación.

Por otra parte, también en el déficit de MT parece que la población disléxica no sería del todo homogénea. Por ejemplo, Wokuri et al. (2013) encontraron dos perfiles distintos: un perfil se asoció con una MT de elementos verbales y deterioro fonológico, mientras que otro perfil mostró déficits selectivos de MT en serie, tanto en el dominio verbal como en el visual, por lo que los profesionales deben considerar la naturaleza heterogénea del deterioro de la MT en DD para adaptar las estrategias de rehabilitación.

TABLA IV. Entrenamiento en habilidades cognitivas de dominio general en los PJV

Programa	VP	MT	FE	MVCP	AV
Tradislexia	x	x			
Ubinding		x		x	
DyetectiveU		x	x		
Galexia					
Glifing		x	x		
Jellys					x
Minecraft	x	x			
GraphoGame					

Nota. VP=Velocidad de procesamiento; MT=Memoria de trabajo; MVCP=Memoria verbal a corto plazo; FE=Funciones ejecutivas; AV=Atención visual; Fuente: elaboración propia.

En cualquier caso, las insuficientes evidencias sobre la eficacia del entrenamiento cognitivo de dominio general aconsejan que la mejor estrategia de intervención en los déficits cognitivos asociados a la DD es la compensación para la eliminación de barreras en el contexto académico que contribuya a evitar el fracaso escolar en la población disléxica. Por ejemplo, la compensación del déficit en MT en la composición de textos puede consistir en proporcionar estructura con claves mnemotécnicas y la preparación previa del vocabulario ortográfico implicado para que pueda ser activado en la MT (Hebert et al., 2018).

Tercer nivel de intervención: habilidades metalingüísticas y lingüísticas

El entrenamiento en conciencia fonológica parece tener impacto en los procesos de decodificación, pero el impacto positivo de este entrenamiento no se extiende a las competencias que requieren representaciones de memoria ortográfica, como escritura ortográficamente correcta y la lectura correcta de palabras extranjeras ni en la fluidez lectora (Wimmer, 2000). *Los procesos de decodificación* (PD), que implican la comprensión del principio alfabético, comienzan con la asociación del sonido del fonema con su representación gráfica (conversión fonema/grafema) hasta llegar a dominar la mecánica lectora de la decodificación de unidades mayores. Este aprendizaje es crucial para el aprendizaje de la lectura en primero de educación primaria (Ergül et al., 2023), aunque de forma aislada parece tener menos eficacia que dentro de los programas de enseñanza multicomponentes (Donegan et al., 2021). En idiomas alfabéticos transparentes, donde las palabras habladas se pueden descomponer en sílabas, se ha encontrado que los lectores principiantes aprenden a leer y escribir de manera más efectiva cuando se les enseñan unidades grafema-fonema en lugar de unidades grafemas-sonidos silábicos (Sargiani et al., 2021).

En la Tabla V se clasifican las habilidades lingüísticas y metalingüísticas en cada PJV.

Cuatro de los programas trabajan la decodificación, que se aborda con tareas de reconocimiento de grafemas, sílabas, palabras y pseudopalabras de distinta complejidad y en orden creciente de dificultad. Seis de los ocho programas trabajan algún aspecto de la conciencia fonológica, aunque ninguno de ellos aborda esta competencia metalingüística en todos sus

TABLA V. Habilidades lingüísticas y metalingüísticas en los PJV

Programa	CF	CS	CIS	M	V	PS	D
Tradislexia	x	x	x		x	x	
Ubinding	x	x		x	x	x	
DytectiveU	x	x	x	x	x	x	x
Galexia	x						x
Glifing		x	x	x	x	x	x
Jellys							
Minecraft					x		
GraphoGame	x						x

Nota. CF=Conciencia fonémica; CS=Conciencia silábica; CIS=Conciencia intrasilábica; CM=Conciencia morfológica; V=Vocabulario; PS=Procesamiento sintáctico; D= decodificación.

Fuente: elaboración propia.

aspectos. En ninguno aparece la conciencia léxica como la primera de la secuencia de tareas de dificultad creciente en las que debe estructurarse la intervención en CF, dado que el déficit del procesamiento auditivo afecta a la segmentación de la cadena hablada también a nivel palabra (Schaadt et al., 2019), seguida de la conciencia silábica, la conciencia intrasilábica o de la rima y, por último, la conciencia fonémica a partir de los 6-7 años de edad (Defior y Serrano, 2011).

Por otra parte, la conciencia silábica debería ser estructurada de acuerdo con la complejidad de las estructuras silábicas (CV, VC, CVC, etc.) y la conciencia fonémica en relación con el orden de adquisición de los fonemas (Susanibar et al. 2013). Tradislexia, Glifing y DytectiveU secuencian las actividades de acuerdo con la estructura silábica.

La *morfología derivativa* está estrechamente ligada a la semántica. Además, se considera un puente entre la fonología y la ortografía (Bahr et al., 2020). La transparencia ortográfica del español podría impulsar estrategias de codificación de granularidad fina, pero retrasar la dependencia de granularidades significativas para la lectura automática de palabras y, por lo tanto, la aparición del efecto morfológico se manifiesta de forma tardía, hacia el sexto curso (Lázaro et al., 2018). La conciencia morfológica en español está relacionada con la comprensión lectora, ya

que permite acceder a la información semántica y sintáctica de nuevas palabras (D'Alessio, et al., 2019). La instrucción en morfología derivativa y flexiva de forma oral puede suponer una estrategia preparatoria para la lectura en edad preescolar en idiomas transparentes (Cohen-Mimran, 2022) siendo más efectiva para la DD que para los individuos de desarrollo típico (Deacon et al., 2019). Tres de los programas abordan algún tipo de morfología: UBinding, DyetectiveU y Glifing.

La atención empírica a la *semántica* en la intervención en DD ha sido limitada (Deacon et al., 2019). La hipótesis de la calidad léxica sostiene que la alfabetización implica una integración exitosa de la fonología, la ortografía y la información semántica, y que las representaciones fonológicas por sí solas no son suficientes para lograr una lectura fluida. Por otra parte, la decodificación rápida no mejora la comprensión por sí misma (Perfetti, 2007). Además, los disléxicos parecen depender más del contexto semántico en comparación con sus pares con habilidades de lectura similares, lo que podría ser interpretado como un mecanismo compensatorio (Deacon et al., 2019).

Algunas investigaciones sugieren que un léxico más específico y redundante podría facilitar la conciencia fonológica (van Rijthoven et al., 2018). Aunque la red semántica de los niños con dislexia parece estar bien establecida, los elementos se recuperan de manera más lenta, lo que resulta en una fluidez semántica reducida (Mengisidou et al., 2020), lo cual se alinea con la hipótesis del doble déficit. Sin embargo, según Viersen et al. (2017), los niños con riesgo familiar de dislexia que luego fueron diagnosticados con DD experimentan un retraso tanto en el desarrollo receptivo como productivo de su vocabulario. Por lo tanto, resulta conveniente incorporar este componente en la intervención. La mayoría de los programas, excepto GraphoGame y Jellys, incluyen un componente de vocabulario en sus intervenciones.

En cuanto al *procesamiento sintáctico*, o conocimiento de las funciones que cumplen las palabras en la oración, dos actividades educativas ayudaron a los estudiantes con problemas de sintaxis a mejorar su escritura de oraciones: 1) reorganizar palabras revueltas en un orden de palabras correcto; 2) crear oraciones a partir de un conjunto de palabras (sustantivos, verbos, adjetivos y adverbios) y de palabras funcionales (preposiciones, conjunciones, pronombres y artículos) (Berninger et al. (2019)). Este componente es trabajado por cuatro PJV: Tradislexia, Ubinding, DyetectiveU y Glifing.

Cuarto nivel de intervención: Medidas de rendimiento o desempeño

Las medidas de rendimiento son formas de operativizar el desempeño lector a partir de los síntomas que caracterizan la DD. Las tareas propuestas por los JPV están dirigidas a optimizar estas medidas.

En la Tabla VI se recogen las medidas de rendimiento o desempeño en las que inciden los PJV.

La *fluidez lectora* (FL) se refiere a la forma de leer en la que todas las unidades subléxicas, palabras y texto, así como los procesos perceptuales, lingüísticos y cognitivos involucrados se procesan de manera precisa y automática, lo que permite asignar suficiente tiempo y recursos a la comprensión y al pensamiento más profundo (Norton y Wolf, 2012). Por otra parte, la *velocidad lectora* (VL) es una medida de tiempo que se refiere a la articulación en voz alta de elementos lingüísticos (palabras o pseudopalabras normalmente). Es importante diferenciar ambas, ya que la primera no implica necesariamente comprensión del texto. La intervención en la VL es crucial para mejorar la FL (López-Escribano, 2016; Rakhlin et al., 2019). Esto implica automatizar la decodificación a través de tareas de lectura rápida de letras, sílabas y palabras. Sin embargo,

TABLA VI. Medidas de rendimiento o desempeño en los PJV

Programa	O	FL	RAN	CL	VL	VE	VAM	RE	CE
Tradislexia	x								
Ubinding	x		x	x	x		x		
DydetectiveU	x			x	x	x		x	x
Galexia	x	x		x					
Glifing	x			x	x				
Jellys									
Minecraft		x							
GraphoGame									

Nota. O=Ortografía; FL=fluidez lectora; RAN=Rapid automatic naming o velocidad de nombrado; CL= Comprensión lectora; VL=Velocidad lectora; VE=Velocidad de escritura; VAM=Velocidad articulatória motora; RE=Reconocimiento de errores; CE=Corrección de errores.

Fuente: elaboración propia.

la FL engloba la VL, pero también implica otros procesos cognitivos y lingüísticos que solo pueden evaluarse en la lectura de un texto del cual se extrae un significado de forma simultánea. Hasta la fecha, el programa Galexia es el único que aborda específicamente la mejora de la FL mientras que UBinding, DyetectiveU y Glifing trabajan la VL.

Respecto a la *ortografía*, ha sido el campo de estudio más descuidado y todavía hay muchos vacíos en esta área de investigación (Williams et al., 2017; Dymora y Niemiec, 2019). Los déficits de escritura (disortografía y disgrafía) en DD están asociados con anomalías funcionales en la red neuronal de múltiples regiones del cerebro implicadas en la ejecución motora, el procesamiento visual-ortográfico y el control cognitivo (Yang et al., 2022). Según Berninger et al. (2019), para la instrucción en lectoescritura se deben considerar el lenguaje oral, el visual y el manual, así como la planificación motora, el control y las habilidades de salida y la sincronización motora. Durante la enseñanza del principio alfabético, el apoyo en los atributos visuales de las letras y la enseñanza explícita del patrón motor de la grafía correspondiente es una estrategia que ha resultado positiva para automatizar el patrón grafomotor, lo que redundaría en una menor carga de la MT, apuntada como la causa de la disgrafía relacionada con la DD (Hebert et al., 2018).

El déficit del procesamiento auditivo supone una dificultad para la identificación del estrés silábico y de la sílaba tónica (Jiménez-Fernández et al., 2015) que tiene como consecuencia la dificultad para aplicar las reglas de acentuación y puntuación. Según Toffalini et al. (2017), la amplia tasa de niños con problemas de ortografía en lenguas transparentes podría deberse a las características específicas de estas, en las que los errores de lectura se superan a cierta edad, pero las dificultades para escribir palabras correctamente persisten, en especial, bajo presión o cuando se deben agregar características específicas de ortografía arbitraria. En idiomas transparentes, la dificultad se encontraría en la construcción de un léxico ortográfico y, por ende, para acceder automáticamente a la selección y producción ortográfica, con importante variabilidad según el sistema ortográfico del idioma (Habib, 2021).

Todos los programas excepto Jellys y GraphoGame incluyen tareas centradas en el reconocimiento ortográfico a través de la vía léxica. DyetectiveU utiliza la estrategia de reconocimiento y autocorrección de errores típicos en la escritura de las personas con DD, cuya toma de conciencia mejoraría el rendimiento lector y la ortografía (Rello, 2018). No

se han encontrado actividades para la construcción del léxico ortográfico para su recuperación en tareas de escritura incidiendo en el orden de la cadena de letras que componen las palabras y en sus normas ortográficas arbitrarias específicas. Las estrategias que han mostrado ser más efectivas para este objetivo incorporan la escritura manual para la repetición y la autocorrección (Williams et al., 2017), así como la retención del orden de las letras en la memoria visual mediante juegos como el “duende ortográfico” o el “truco del corrector” (Berninger et al., 2013) que podrían ser incorporadas a los PJV mediante la digitalización de la escritura manual. También la enseñanza explícita del teclado del ordenador, así como el uso de correctores ortográficos, pueden considerarse no solo desde la perspectiva rehabilitadora (cuya eficacia no se ha demostrado hasta el momento) o compensadora para la DD, sino como parte de la competencia tecnológica y de la académica que exige la sociedad y la educación actuales (Berninger et al., 2019).

La teoría del doble déficit (Wolf y Bowers, 2000) añade a la dificultad fonológica un déficit en RAN como un factor central e independiente de la conciencia fonológica. Se trata de una medida de la velocidad con la que podemos identificar y nombrar objetos, colores, números o letras. En ortografías transparentes, los efectos negativos de los factores que subyacen al déficit temprano en CF y RAN ocurren cuando la fluidez lectora y la ortografía se vuelven importantes, a pesar de una enseñanza y adquisición adecuados de la CF en primer curso de educación primaria (Ergül et al., 2023). Estudios recientes han hallado su correlato neurológico, asociándolo con anomalías estructurales de la sustancia blanca en el fascículo arqueado izquierdo, que forma parte de la vía dorsal (Vander Stappen et al., 2020). Estas anomalías interrumpen la conectividad con las regiones frontotemporales implicadas en la articulación, la fluidez del habla y la memoria de trabajo verbal (Mohammad et al., 2022).

Según Norton y Wolf (2012), la razón principal por la cual el RAN predice la habilidad de lectura posterior es porque mide la capacidad de automatizar el acceso a los elementos lingüísticos y perceptuales individuales, así como las conexiones entre ellos, en tareas visuales en serie. En sistemas de escritura regulares, la dislexia no está tan relacionada con la precisión en la decodificación, como con la velocidad lectora (Padeliadu et al., 2021). Por lo tanto, las medidas de RAN tienen un mayor poder discriminativo en estos idiomas y en etapas tempranas del desarrollo (Luque et al., 2013). Vander Stappen y Reybroeck (2018) indican que el

entrenamiento en RAN-objetos mejoraría la velocidad lectora, mientras que el entrenamiento en CF mejoraría las representaciones ortográficas. Georgiou et al. (2016) y Papadopoulos et al. (2016) encontraron que el RAN se relaciona con la fluidez lectora en voz alta, pero no con la fluidez en la lectura silenciosa, lo que respalda la hipótesis de una relación entre el RAN y la articulación. Solo UBinding introduce tareas de RAN y de velocidad articuladora motora (VAM) (López-Olóriz, 4-5-2023).

Conclusiones

El objetivo general de este estudio es proporcionar una actualización sobre las hipótesis explicativas de la DD y examinar los PJV disponibles en España con y sin evidencia científica orientados a la rehabilitación desde cuatro niveles de intervención. A lo largo de este documento, se ha llevado a cabo una revisión de la investigación actual sobre las hipótesis explicativas y la eficacia de las intervenciones que cuentan con mayor respaldo científico contrastándolas con las actividades que contienen los PJV analizados.

En cuanto al primer objetivo específico, y a la luz de la literatura revisada, ninguno de los PJV aglutina todos los componentes importantes para intervenir en la DD, aunque los más relevantes se encuentran presentes en todos. Se observa que existen componentes prometedores en la intervención de la DD que no son todavía suficientemente abordados por los PJV, como el aspecto motor y articulatorio (Papadopoulos et al., 2016; Liu y Georgiou, 2017; Berninger et al., 2019; Yang et al., 2022) o el procesamiento auditivo (Bonacina et al., 2015; Habib, 2021). Estos aspectos podrían ser considerados para desarrollar intervenciones más completas en la DD.

En cuanto al segundo objetivo específico, se ha proporcionado a los profesionales del ámbito clínico y educativo una fundamentación actualizada en los elementos neurocognitivos y psicolingüísticos relacionados con DD. Se espera que esta información contribuya a la toma de decisiones informada sobre el uso de herramientas tecnológicas en la rehabilitación de la DD. Es importante que los distintos profesionales que intervienen en DD consideren las diversas hipótesis explicativas y su posible complementariedad, teniendo en cuenta la posibilidad de la existencia de subtipos de DD (Habib, 2021; Lorusso y Toraldo, 2023) y como consecuencia de la adopción de un enfoque multifactorial

(Pennington et al., 2012). Por ejemplo, es importante considerar que, aunque la conciencia fonológica y los procesos de decodificación son fundamentales en las intervenciones para la DD, aproximadamente el 25% de los casos muestran resistencia a este tipo de intervenciones (Seiler et al., 2018). Desde esta perspectiva, cada individuo con DD puede presentar un perfil único de fortalezas y debilidades que pueden requerir distintos objetivos y métodos de intervención.

En general, se han identificado debilidades metodológicas en los estudios que ponen a prueba los PJV, como un tamaño de muestra limitado o la falta de grupo de control (Ostiz-Blanco et al., 2021). Además, puede resultar complejo aislar los efectos de estos programas de los efectos de la escolarización y de la práctica de las tareas de los PJV (Łuniewska et al., 2018). En el caso de los PJV en español existe aún escasa evidencia empírica. Por otra parte, sería deseable que los PJV contasen con un manual técnico en el que se explicitaran las hipótesis explicativas neurológicas y/o cognitivas en las que se fundamentan, la población en la que ha sido aplicada y los resultados de dicha aplicación, como cualquier prueba de evaluación o programa de intervención. Si bien el entorno lúdico o gamificado creado por los PJV puede crear un ambiente psicológico estimulante para la persistencia y la automejora (Dymora y Niemiec, 2019), es necesario contar con evidencia de la eficacia de las intervenciones a través de ensayos rigurosos y realistas antes de recomendar su implementación en entornos educativos o centros de intervención (Snowling y Hulme, 2011). Asimismo, deberían incluir un catálogo detallado de las actividades con las que cuentan y el objetivo con el que han sido diseñadas en el marco de la rehabilitación.

Referencias bibliográficas

- Bahr, R. H., Silliman, E. R., & Berninger, V. W. (2020) Derivational Morphology Bridges Phonology and Orthography: Insights into the Development of Word-Specific Spellings by Superior, Average, and Poor Spellers. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*. https://doi.org/10.1044/2020_LSHSS-19-00090
- Berninger, V. W., Lee, Y. L., Abbott, R. D., & Breznitz, Z. (2013). Teaching children with dyslexia to spell in a reading-writers'workshop. *Annals of Dyslexia*, 63, 1–24. <https://doi.org/10.1007/s11881-011-0054-0>

- Berninger, V. W., Richards, T. L., Nielsen, K. H., Dunn, M. W., Raskind, M. H., & Abbott, R. D. (2019). Behavioral and brain evidence for language by ear, mouth, eye, and hand and motor skills in literacy learning. *International journal of school y educational psychology*, 7 (Suppl 1), 182–200. <https://doi.org/10.1080/21683603.2018.1458357>
- Bertoni, S., Franceschini, S., Puccio, G., Mancarella, M., Gori, S., & Facchetti, A. (2021). Action Video Games Enhance Attentional Control and Phonological Decoding in Children with Developmental Dyslexia. *Brain sciences*, 11(2), 171. <https://doi.org/10.3390/brainsci11020171>
- Bonacina, S., Cancer, A., Lanzi, P. L., Lorusso, M. L., & Antonietti, A. (2015). Improving reading skills in students with dyslexia: the efficacy of a sublexical training with rhythmic background. *Frontiers in psychology*, 6, 1510. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01510>
- Centanni, T. M., Norton, E. S., Ozernov-Palchik, O., Park, A., Beach, S. D., Halverson, K., Gaab, N., & Gabrieli, J. D. E. (2019). Disrupted left fusiform response to print in beginning kindergartners is associated with subsequent reading. *NeuroImage. Clinical*, 22, 101715. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.101715>
- Clark, K.A.; Helland, T; Specht, K.; Narr, K.L.; Manis, F. R.; Toga, A.W., & y Hugdahl, K. (2014). Neuroanatomical precursors of dyslexia identified from pre-reading through to age 11, *Brain*, 137(12), 3136-3141, <https://doi.org/10.1093/brain/awu229>
- Cohen-Mimran, R., Reznik-Nevet, L., Gott, D., & Share, D. L. (2022). Preschool morphological awareness contributes to word reading at the very earliest stages of learning to read in a transparent orthography. *Reading and writing*, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11145-022-10340-z>
- D'Alessio, M. J., Jaichenco, V., & Wilson, M. A. (2019). The relationship between morphological awareness and reading comprehension in Spanish-speaking children. *Scandinavian journal of psychology*, 60(6), 501–512. <https://doi.org/10.1111/sjop.12578>
- Deacon, S., Tong, X., & Mimeau, C. (2019). Morphological and Semantic Processing in Developmental Dyslexia. In L. Verhoeven, C. Perfetti, y K. Pugh (Eds.), *Developmental Dyslexia across Languages and Writing Systems* (327-349). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108553377.015>
- Defior, S., & Serrano, F. (2011). Procesos Fonológicos Explícitos e Implícitos, Lectura y Dislexia. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11 (1), 79-94

- Donegan, R. E., & Wanzek, J. (2021). Effects of reading interventions implemented for upper elementary struggling readers: A look at recent research. *Reading and Writing, 34*(8), 1943-1977. <https://doi.org/10.1007/s11145-021-10123-y>
- Doyle, C., Smeaton, A. F., Roche, R. A. P., & Boran, L. (2018). Inhibition and Updating, but Not Switching, Predict Developmental Dyslexia and Individual Variation in Reading Ability. *Frontiers in psychology, 9* (795). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00795>
- Dymora, & Niemiec. (2019). Gamification as a Supportive Tool for School Children with Dyslexia. *Informatics, 6*(4), 48. <https://doi.org/10.3390/informatics6040048>
- Ergül, C., Zeynep Bahap Kudret, Z.B., Meral Çilem Ökcün-Akçamuş, M.C., & Akoglu, G. (2023). Double-Deficit Hypothesis and Reading Difficulties: A Longitudinal Analysis of Reading and Reading Comprehension Performance of Groups Formed According to This Hypothesis, *Education and Science, 48* (213) 1-23. <https://doi.org/10.15390/eb.2022.11002>
- Fernández-Andrés, M. I., Tejero, P., & Vélez-Calvo, X. (2019). Visual Attention, Orthographic Word Recognition, and Executive Functioning in Children With ADHD, Dyslexia, or ADHD + Dyslexia. *Journal of Attention Disorders, 25*(7), 942–953. <https://doi.org/10.1177/1087054719864637>
- Forne, S., López-Sala, A., Mateu-Estivill, R., Adan, A., Caldu, X., Rifa-Ros, X., & Serra-Grabulosa, J. M. (2022). Improving Reading Skills Using a Computerized Phonological Training Program in Early Readers with Reading Difficulties. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(18), 11526. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811526>
- García i Ortiz, M.; González i Calderon, M., & Garcia-Campomanes, B. (2016). *Glifing: Cómo detectar y vencer las dificultades de la lectura*. Barcelona: Horsori editorial.
- Georgiou, G. K., Aro, M., Liao, C. H., & Parrila, R. (2016). Modeling the relationship between rapid automatized naming and literacy skills across languages varying in orthographic consistency. *Journal of experimental child psychology, 143*, 48–64. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.10.017>
- Giraldo-Chica, M., & Schneider, K. A. (2018). Hemispheric asymmetries in the orientation and location of the lateral geniculate nucleus in dyslexia. *Dyslexia, 24*(2), 197–203. <https://doi.org/10.1002/dys.1580>

- Gori, S., Seitz, A. R., Ronconi, L., Franceschini, S., & Facoetti, A. (2016). Multiple Causal Links Between Magnocellular-Dorsal Pathway Deficit and Developmental Dyslexia. *Cerebral cortex*, 26(11), 4356–4369. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv206>
- Goswami, U. (2019). Speech rhythm and language acquisition: an amplitude modulation phase hierarchy perspective. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1453 (1). 1–12 <https://doi.org/10.1111/nyas.14137>
- Habib, M. (2021). The Neurological Basis of Developmental Dyslexia and Related Disorders: A Reappraisal of the Temporal Hypothesis, Twenty Years on. *Brain Science*, 1(6), 798. <https://doi.org/10.3390/brainsci11060708>
- Hebert, M., Kearns, D. M., Hayes, J. B., Bazis, P., & Cooper, S. (2018). Why children with dyslexia struggle with writing and how to help them. *Language, speech, and hearing services in schools*, 49(4), 843–863. https://doi.org/10.1044/2018_LSHSS-DYSLC-18-0024
- Helland, T., Morken, F., Bless, J. J., Valderhaug, H. V., Eiken, M., Helland, W. A., & Torkildsen, J. V. K. (2018). Auditive training effects from a dichotic listening app in children with dyslexia. *Dyslexia*, 24(4), 336–356. <https://doi.org/10.1002/dys.1600>
- Jiménez-Fernández, G., Gutiérrez-Palma, N., & Defior, S. (2015). Impaired stress awareness in Spanish children with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 37, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.11.002>
- Jiménez, A. M., & Díez, E. (2018). Impacto de videojuegos en la fluidez lectora en niños con y sin dislexia. El caso de Minecraft. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 17(1), 77-90. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.17.1.77>
- Jiménez, J. E., & Rojas, E. (2008). Efectos del videojuego Tradislexia en la conciencia fonológica y reconocimiento de palabras en niños disléxicos. *Psicothema*, 20(3), 347–353.
- Klimovich-Gray, A.; Di Liberto, Amoruso, L., Barrena, A., Agirre E., & Molinaro, N. (2023). Increased top-down semantic processing in natural speech linked to better reading in dyslexia. *NeuroImage*, en prensa. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120072>
- Kuhl, U., Neef, N. E., Kraft, I., Schaadt, G., Dörr, L., Brauer, J., Czepezauer, I., Müller, B., Wilcke, A., Kirsten, H., Emmrich, F., Boltze, J., Friederici, A. D., & Skeide, M. A. (2020). The emergence of dyslexia in the

- developing brain. *NeuroImage*, 211, 116633. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116633>
- Lázaro, M., Illera, V., Acha, J., Escalonilla, A., García, S., & Sainz, J. S. (2018). Morphological effects in word identification: tracking the developmental trajectory of derivational suffixes in Spanish. *Reading and Writing*, 31(7), 1669–1684. <https://doi.org/10.1007/s11145-018-9858-1>
- Liu, C., & Georgiou, G. K. (2017). Cognitive and environmental correlates of rapid automatized naming in Chinese kindergarten children. *Journal of Educational Psychology*, 109(4), 465–476. <https://doi.org/10.1037/edu0000151>
- Lonergan, A., Doyle, C., Cassidy, C., MacSweeney Mahon, S., Roche, R. A. P., Boran, L., & Bramham, J. (2019). A meta-analysis of executive functioning in dyslexia with consideration of the impact of comorbid ADHD. *Journal of Cognitive Psychology*, 31(7), 725–749. <https://doi.org/10.1080/20445911.2019.1669609>
- López-Escribano, C. (2016). Training Reading Fluency and Comprehension of Spanish Children with Dyslexia. In: Khateb, A., Bar-Kochva, I. (eds) Reading Fluency. *Literacy Studies*, 12. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30478-6_9
- López-Olóriz, J., Pina, V., Ballesta, S., Bordoy, S., & Pérez-Zapata, L. (2020). Proyecto Petit UBinding: Método de adquisición y mejora de la lectura en primero de primaria. Estudio de eficacia. *Revista de logopedia, foniatría y audiología*, 40(1), 12-22.
- López-Olóriz, J. (4-5-2023) Comunicación personal Proyecto Ubinding [correo electrónico].
- Lorusso, M.L., & Toraldo, A. (2023) Revisiting Multifactor Models of Dyslexia: Do They Fit Empirical Data and What Are Their Implications for Intervention? *Brain Science*, 13, 328. <https://doi.org/10.3390/>
- Łuniewska, M., Chyl, K., Dębska, A., Kacprzak, A., Plewko, J., Szczerbiński, M., Szewczyk, J., Grabowska, A., & Jednoróg, K. (2018). Neither action nor phonological video games make dyslexic children read better. *Scientific reports*, 8(1), 549. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18878-7>
- Luque, J. L., López-Zamora, M., Álvarez, C., & Bordoy, S. (2013). Beyond decoding deficit: inhibitory effect of positional syllable frequency in dyslexic Spanish children. *Annals of Dyslexia*, 63(3-4), 239–252. <https://doi.org/10.1007/s11881-013-0082-z>

- Maehler, C., Joerns, C., & Schuchardt, K. (2019). Training Working Memory of Children with and without Dyslexia. *Children*, 6(3), 47. <https://doi.org/10.3390/children6030047>
- Mengisidou, M., Marshall, C. R., & Stavrakaki, S. (2020). Semantic fluency difficulties in developmental dyslexia and developmental language disorder (DLD): poor semantic structure of the lexicon or slower retrieval processes? *International journal of language y communication disorders*, 55(2), 200–215. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12512>
- Mohammad, S. A., Nashaat, N. H., Okba, A. A. M. B., Kilany, A., Abdel-Rahman, A. S., Abd-Elhamed, A. M., & Abdelraouf, E. R. (2022). Asymmetry Matters: Diffusion Tensor Tractography of the Uncinate Fasciculus in Children with Verbal Memory Deficits. *AJNR. American journal of neuroradiology*, 43(7), 1042–1047. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A7535>
- Norton, E. S., & Wolf, M. (2012). Rapid automatized naming (RAN) and reading fluency: Implications for understanding and treatment of reading disabilities. *Annual Review of Psychology*, 63, 427-452.
- Ostiz-Blanco, M., Bernacer, J., Garcia-Arbizu, I., Diaz-Sanchez, P., Rello, L., Lallier, M., & Arrondo, G. (2021). Improving Reading Through Videogames and Digital Apps: A Systematic Review. *Frontiers in psychology*, 12, 652948. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.652948>
- Ostiz-Blanco, M., Lallier, M., Grau, S., Rello, L., Bigham, J. P., & Carreiras, M. (2018). Jellys: Towards a Videogame that Trains Rhythm and Visual Attention for Dyslexia. *Assets'18: Proceedings of the 20th International Acm Sigaccess Conference on Computers and Accessibility*, 447-449. <https://doi.org/10.1145/3234695.3241028>
- Padeliadu, S., Giazitidou, S., & Stamovlasis, D. (2021). Developing reading fluency of students with reading difficulties through a repeated reading intervention program in a transparent orthography. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 19(1), 49-67.
- Papadopoulos, T. C., Spanoudis, G. C., & Georgiou, G. K. (2016). How is RAN related to reading fluency? A comprehensive examination of the prominent theoretical accounts. *Frontiers in psychology*, 7, 1217. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01217>
- Pennington, B. F., Santerre-Lemmon, L., Rosenberg, J., MacDonald, B., Boada, R., Friend, A., ... Olson, R. K. (2012). Individual prediction of dyslexia by single versus multiple deficit models. *Journal of Abnormal Psychology*, 121(1), 212–224. <https://doi.org/10.1037/a0025823>

- Perfetti, C. (2007). Reading Ability: Lexical Quality to Comprehension. *Scientific Studies of Reading*, 11(4), 357–383. <https://doi.org/10.1080/10888430701530730>
- Rakhlin, N. V., Mourgues, C., Cardoso-Martins, C., Kornev, A. N., & Grigorenko, E. L. (2019). Orthographic processing is a key predictor of reading fluency in good and poor readers in a transparent orthography. *Contemporary Educational Psychology*, 56, 250-261. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.12.002>
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain: a journal of neurology*, 126(4), 841–865. <https://doi.org/10.1093/brain/awg076>
- Rello, L. (2018) *Superar la dislexia. Una experiencia personal a través de la investigación*. Barcelona: Paidós educación.
- Rosas, R., Escobar, J.-P., Ramírez, M.-P., Meneses, A., & Guajardo, A. (2017). Impact of a computer-based intervention in Chilean children at risk of manifesting reading difficulties. *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development*, 40(1), 158-188. <https://doi.org/10.1080/02103702.2016.1263451>
- Ruffino, M., Gori, S., Boccardi, D., Molteni, M., & Facoetti, A. (2014). Spatial and temporal attention in developmental dyslexia. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 331. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00331>
- Sánchez-Doménech, I. (2022). Revisión sistemática e implicaciones para el diagnóstico psicopedagógico: comorbilidad Dislexia/TDAH. *REOP - Revista Española De Orientación Y Psicopedagogía*, 33(2), 63–84. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.33.num.2.2022.34360>
- Sargiani, R. de A., Ehri, L. C., & Maluf, M. R. (2021). Teaching Beginners to Decode Consonant–Vowel Syllables Using Grapheme–Phoneme Subunits Facilitates Reading and Spelling as Compared With Teaching Whole-Syllable Decoding. *Reading Research Quarterly*, 57(2). <https://doi.org/10.1002/rrq.432>
- Schaadt, G., & Männel, C. (2019). Phonemes, words, and phrases: Tracking phonological processing in pre-schoolers developing dyslexia. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 130(8), 1329–1341. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.05.018>
- Seiler, A., Leitão, S., & Blossfelds, M. (2019). WordDriver-1: evaluating the efficacy of an app-supported decoding intervention for

- children with reading impairment. *International journal of language y communication disorders*, 54(2), 189–202. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12388>
- Serrano, F., Bravo Sanchez, J. F., & Gomez-Olmedo, M. (2016). Galexia: Evidence-Based Software for Intervention in Reading Fluency and Comprehension. En L. G. Chova, A. L. Martinez, y I. C. Torres (Eds.), *Inted2016: 10th International Technology, Education and Development Conference. 2001-2007*. Iated-Int Assoc Technology Education and Development.
- Snowling, M. J., Gooch, D., McArthur, G., & Hulme, C. (2018). Language Skills, but Not Frequency Discrimination, Predict Reading Skills in Children at Risk of Dyslexia. *Psychological science*, 29(8), 1270–1282. <https://doi.org/10.1177/0956797618763090>
- Snowling, M. J., & Hulme, C. (2011). Evidence-based interventions for reading and language difficulties: creating a virtuous circle. *The British journal of educational psychology*, 81(1), 1–23. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2010.02014.x>
- Susaníbar, F., Huamaní, O., & Dioses, A. (2013). Adquisición fonética-fonológica. *EOS* (1), 1 (2013). 19-36.
- Toffalini, E., Giofrè, D., & Cornoldi, C. (2017). Strengths and Weaknesses in the Intellectual Profile of Different Subtypes of Specific Learning Disorder. *Clinical Psychological Science*, 5(2), 402–409. <https://doi.org/10.1177/2167702616672038>
- Tulloch, K., & Pammer, K. (2019). Tablet computer games to measure dorsal stream performance in good and poor readers. *Neuropsychologia*, 130, 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.07.019>
- Van Herck, S., Vanden Bempt, F., Economou, M., Vanderauwera, J., Glatz, T., Dieudonné, B., Vandermosten, M., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2022). Ahead of maturation: Enhanced speech envelope training boosts rise time discrimination in pre-readers at cognitive risk for dyslexia. *Developmental Science*, 25, e13186. <https://doi.org/10.1111/desc.13186>
- Van Hirtum, T., Moncada-Torres, A., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2019). Speech Envelope Enhancement Instantaneously Effaces Atypical Speech Perception in Dyslexia. *Ear and hearing*, 40(5), 1242–1252. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000706>
- van Rijthoven, R., Kleemans, T., Segers, E., & Verhoeven, L. (2018). Beyond the phonological deficit: Semantics contributes indirectly to decoding efficiency in children with dyslexia. *Dyslexia*, (24)4. 309– 321. <https://doi.org/10.1002/dys.1597>

- Vander Stappen, C., & Reybroeck, M. V. (2018). Phonological Awareness and Rapid Automatized Naming Are Independent Phonological Competencies With Specific Impacts on Word Reading and Spelling: An Intervention Study. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00320>
- Vander Stappen, C., Dricot, L., & Van Reybroeck, M. (2020). RAN training in dyslexia: Behavioral and brain correlates. *Neuropsychologia*, 146, 107566. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107566>
- Vidyasagar, T. R., & Pammer, K. (2010). Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends in cognitive sciences*, 14(2), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.12.003>
- Viersen, S., Bree, E., Verdam, M., Krikhaar, E., Maassen, B., Leij, A., & Jong, P. (2017). Delayed Early Vocabulary Development in Children at Family Risk of Dyslexia. *Journal of speech, language, and hearing research*, 60(4) https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-L-16-0031
- Willcutt, E. G., McGrath, L. M., Pennington, B. F., Keenan, J. M., DeFries, J. C., Olson, R. K., & Wadsworth, S. J. (2019). Understanding Comorbidity Between Specific Learning Disabilities. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 165. 91-109 <https://doi.org/10.1002/cad.20291>
- Williams, K. J., Walker, M. A., Vaughn, S., & Wanzek, J. (2017). A Synthesis of Reading and Spelling Interventions and Their Effects on Spelling Outcomes for Students with Learning Disabilities. *Journal of learning disabilities*, 50(3), 286–297. <https://doi.org/10.1177/0022219415619753>
- Wimmer, H.; Mayringer, H., & Landerl, K. (2000). The double-deficit hypothesis and difficulties in learning to read a regular orthography. *Journal of Educational Psychology*, 92, 668–680. <https://doi.org/10.1037/10022-0663.92.4.668>
- Wokuri, S., Gonthier, C., Marec-Breton, N., & Majerus, S. (2023). Heterogeneity of short-term memory deficits in children with dyslexia. *Dyslexia (Chichester, England)*, 10.1002/dys.1749. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/dys.1749>
- Wolf, M., & Bowers, P. G. (2000). Naming speed and developmental reading disabilities. An introduction to the special issue on the double-deficit hypothesis. *Journal of Learning Disabilities*, 33(4), 322–324.
- Yang, Y., Zuo, Z., Tam, F., Graham, S. J., Li, J., Ji, Y., Meng, Z., Gu, C., Bi, H. Y., Ou, J., & Xu, M. (2022). The brain basis of handwriting deficits

in Chinese children with developmental dyslexia. *Developmental science*, 25(2), e13161. <https://doi.org/10.1111/desc.13161>

Zhou, D., Cai, Q., Luo, J. yi, Z., Li, Y., Seger, C. A., & Chen, Q. (2021). The neural mechanism of spatial-positional association in working memory: A fMRI study. *Brain and Cognition*, 152, 105756. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2021.105756>

Información de contacto: Iluminada Sánchez-Doménech. Universidad Internacional de La Rioja. Avenida de la Paz 137, 26006 Logroño, La Rioja, España. E-mail iluminada.sanchez@unir.net