

**Universidad del Valle
Facultad de Psicología
Programa de Psicología**

**Intervenciones educativas y/o neuropsicológicas a partir de perspectivas Multimodales y/o
Multisensoriales para el tratamiento de la discalculia en niños/as.**

Trabajo de grado para optar al título de Psicóloga

Presentado por:

Laura Sofia Gonzalez Henao. Código 1822628

Directora: Yenny Otálora Sevilla, PhD.

Santiago de Cali, Colombia

Marzo 2024

Agradecimientos

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de grado. En primer lugar, quiero agradecer a mi directora, la docente Yenny Otálora Sevilla por su orientación experta, su paciencia y su constante apoyo a lo largo de este proceso. Su sabiduría y visión fueron fundamentales para dar forma a la investigación y ampliar mi comprensión del tema.

A mi familia y mi pareja, quiero expresarles mi profundo agradecimiento por su apoyo incondicional. Su amor y aliento me han dado la fuerza necesaria para enfrentar los desafíos y seguir adelante a pesar de todas las dificultades que se presentaron en el camino.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una manera u otra, contribuyeron a este proyecto. Cada pequeña ayuda y palabra han dejado una marca imborrable en mi viaje académico.

Resumen

El presente estudio examinó el alcance y la pertinencia de propuestas de intervención educativas y/o neuropsicológicas publicadas entre 2012- 2022 que utilizan algunos criterios de perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales para tratar la Discalculia del Desarrollo (DD) en niños/as y se ofrecen criterios para su implementación en contextos educativos y clínicos. Para esto, se desarrolló una revisión sistemática de literatura, de la cual se identificaron 30 investigaciones con niños/as entre los 6 y 13 años. Los resultados mostraron que las intervenciones tienden a enfocarse en habilidades matemáticas básicas y funciones ejecutivas, con una limitada consideración de la variabilidad en la presentación y gravedad de la DD. Se identifican efectos favorables en el desempeño matemático con el uso de diferentes modalidades de intervención. Igualmente, se sugiere el diseño de intervenciones estructuradas, la selección cuidadosa de materiales y la inclusión del entorno familiar como parte del proceso, así como la incorporación del uso del cuerpo en los procesos de intervención tanto educativos como neuropsicológicos. Por último, se resalta la importancia de una evaluación integral y la personalización de intervenciones para abordar las necesidades individuales de los niños/as con DD.

Palabras claves: Discalculia, Multimodalidad, Multisensorialidad, Trastornos del Aprendizaje, Intervenciones educativas, Educación matemática.

Tabla de contenido

1. Propuesta general de investigación.....	8
1.1 Introducción.....	8
1.2 Antecedentes.....	11
1.3 Planteamiento del problema.....	14
1.4 Pregunta de investigación.....	19
1.5 Objetivos.....	19
1.5.1 Objetivo General.....	19
1.5.2 Objetivos específicos.....	20
1.6 Justificación.....	20
1.7 Marco teórico.....	22
1.7.1 Teorías de la cognición corporeizada.....	22
1.7.2 Aprendizaje desde las perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales.....	26
2. Discalculia, Manifestaciones Clínicas y Valoración.....	31
2.1 Bases neurobiológicas de la Discalculia.....	31
2.2 Diagnóstico de la Discalculia.....	33

2.4 Evaluación de la Discalculia	36
2.5 Perspectiva de la neuropsicología cognitiva en la DD.....	38
3. Abordaje Metodológico	43
3.1 Tipo de investigación.....	43
3.2 Estrategias de recolección de información	44
3.3 Estrategias de análisis de información.....	46
3.4 Categorías de análisis.....	47
3.4.1 Tipos de modalidades	47
3.4.2 Rol del Cuerpo en el proceso de intervención	48
3.4.3 Interacción con el mundo material.....	49
3.4.4 Efectos en las habilidades matemáticas de los participantes después de la intervención Multimodal y/Multisensorial.	50
4. Resultados	51
4.1 Caracterización de las intervenciones en DD	51
4.1.1 Tipos de Multimodalidad/Multisensorialidad en las intervenciones	61
4.1.2 El rol del cuerpo y la interacción con el mundo material	69
4.1.3 Efectos en las habilidades matemáticas de los participantes después de la intervención Multimodal- Multisensorial.	75

5. Criterios para la intervención en Discalculia desde enfoques Multimodales y/o

Multisensoriales 79

5.1 Conclusiones 84

Referencias..... 91

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo PRISMA de sistemática y selección de estudios.....	46
--	----

Índice de Tablas

Tabla 1 Resumen de artículos seleccionados	52
---	----

1. Propuesta general de investigación

1.1 Introducción

La discalculia del desarrollo (DD) es un Trastorno Específico del Aprendizaje (TEA) que afecta en distintos niveles la capacidad para adquirir habilidades matemáticas (Emerson et al., 2010). De acuerdo con el Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales 5d. (DSM-5, 2014) esta condición se caracteriza por generar problemas en el procesamiento de la información numérica, el cálculo, el razonamiento matemático y de las palabras. Además, puede provocar dificultades en la comprensión de conceptos numéricos sencillos, en el desarrollo intuitivo hacia los números y en el aprendizaje de hechos y procedimientos numéricos (Emerson et al., 2010). A pesar de que existen distintas definiciones de este concepto, la mayoría de los autores coinciden en que hay una alteración en la capacidad de estimar cantidades y tiempos, así como dificultades en la memoria de corto y largo plazo; de hecho, los estudios concuerdan en la idea de que esta condición está causada por diferencias en el funcionamiento del cerebral (Hornigold, 2015; Rubinsten, 2015).

Perspectivas más amplias sobre la DD han planteado sus efectos no solo en el sentido del número sino también en déficits espaciales, como lo expone Sharma (2003) "la DD puede ser cuantitativa, que es una dificultad para contar y calcular; o cualitativa que es una dificultad para conceptualizar los procesos matemáticos y el sentido espacial; o mixta, que es la incapacidad de integrar cantidad y espacio" (p.218). De ahí que este TEA altere diferentes dimensiones de la

comprensión matemática y genere consecuencias significativas a lo largo de la vida de los niños/as que presentan esta condición.

Según los datos disponibles, se estima que la prevalencia de la DD en el mundo es aproximadamente del 3% al 8% (Van Luit & Toll, 2018; Lucangeli et al., 2019; Kanzafarova et al., 2015). No obstante, investigadores de diferentes países han reportado la falta de una evaluación validada y fiable para identificar a los niños/as con este trastorno, así como un escaso análisis de los tratamientos y/o intervenciones que se orientan a mejorar las competencias matemáticas involucradas, a diferencia de otros TEA como la dislexia que han sido más estudiados (Lewis et al., 2022; Emerson et al., 2010; Grant, 2017).

Teniendo en cuenta este panorama, el propósito de esta monografía es examinar el alcance y la pertinencia de intervenciones educativas y/o neuropsicológicas para tratar la DD en niños/as. Para este fin, se caracterizan experiencias de intervención publicadas entre 2012 y 2022, con criterios relativos a dos perspectivas contemporáneas de enseñanza- aprendizaje que han mostrado resultados importantes en este campo, el enfoque Multimodal (Jewitt, 2013) y el Multisensorial (Shams & Seitz, 2008).

Para este estudio, se utilizó el método de Revisión sistemática de corte cualitativo, que permite explorar y analizar la literatura científica relevante y reciente sobre el tema, del cual se seleccionaron 30 artículos de investigación de diferentes publicaciones académicas, cuya población fueron niños/as con DD entre los 6 y 13 años.

Entre los hallazgos más destacados, se encontraron diferencias en el diagnóstico de la DD en las investigaciones, desde el uso de pruebas estandarizadas de rendimiento matemático hasta pruebas neuropsicológicas con revisión integral de los antecedentes clínicos y escolares.

Además, se observaron patrones en las habilidades matemáticas más abordadas en los procesos de intervención, tales como las operaciones matemáticas básicas, la resolución de problemas, la comparación de cantidades, la comprensión de la recta numérica y el valor posicional. Por otro lado, se observaron investigaciones centradas en el entrenamiento directo de funciones cognitivas como la memoria de trabajo y otras funciones ejecutivas.

En general, la revisión del estado de la investigación actual sobre propuestas de tratamiento en DD mostró efectos favorables de la implementación de dos o más modalidades de intervención en el fortalecimiento de habilidades matemáticas. Por ejemplo, se evidenciaron mejores desempeños en pruebas matemáticas gracias al uso de diferentes estrategias de interacción entre el tutor-participante, entre pares y entre los participantes por medio del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Igualmente, el uso de materiales físicos y digitales y la implicación del cuerpo en las tareas de entrenamiento favorecieron los cambios en las habilidades numéricas de los niños/as. Para finalizar, con la identificación y caracterización de las tendencias en el tratamiento de la DD, se ofrecen un conjunto de criterios y recomendaciones para la intervención en DD que incluye los hallazgos de las investigaciones, los cuales ser aplicados en contextos clínicos o educativos en próximas investigaciones.

1.2 Antecedentes

La investigación científica de las últimas décadas ha desarrollado diferentes estrategias para combatir los retos a los que se enfrentan los estudiantes con DD, por medio de intervenciones educativas, los expertos de distintos países han diseñado programas para fortalecer la enseñanza de las matemáticas en la primaria, a través de trabajos enfocados en los conocimientos conceptuales y procedimentales del área. Por ejemplo, los resultados de la investigación de Areces et al. (2017) mostraron seis aspectos relevantes que tienen en cuenta las estrategias de intervención eficaces en DD, estos son la individualización de la intervención; la adaptación al nivel previo del estudiante; la estructuración en función del grado de dificultad; la repetición continuada y frecuente; el incremento de la motivación y la reducción de la ansiedad.

Ahora bien, hay diferencias en los enfoques de intervención en la enseñanza de la matemática. Por ejemplo, Reeve y Waldecker (2017) describieron el aporte de las intervenciones dirigidas a las habilidades numéricas tempranas para el tratamiento de la DD, el propósito central de este tipo de estrategias es fortalecer el sentido numérico en aspectos como el conteo y el conocimiento de las operaciones numéricas, con actividades que incluyen el conteo oral, la asociación de números y cantidades, el reconocimiento de números, la escritura numérica, la resolución de problemas de cuentos y la resolución de ecuaciones. De esta manera, se promueven los conocimientos en competencias básicas de las matemáticas que constituyen una base importante para las habilidades de nivel superior.

De acuerdo con la literatura científica consultada, las intervenciones han incorporado cada vez más el uso de herramientas basadas en las TIC en sus estrategias educativas. Bien sea para los procesos de diagnóstico, evaluación o los de intervención, diferentes investigadores han utilizado programas de software, juegos digitales, plataformas interactivas y artefactos físicos y electrónicos para fortalecer habilidades matemáticas (Zerafa, 2015; Navarro et al., 2017; Ávila et al., 2019; Ziadat, 2022; Layes et al., 2017).

Un ejemplo de este tipo de intervenciones es el estudio de Zerafa (2015) *“Helping Children with Dyscalculia: A Teaching Programme with three Primary School Children”*, el cual tuvo como propósito principal, estudiar las dificultades de aprendizaje asociadas a las matemáticas, específicamente en alumnos con DD en Malta, así como buscar estrategias eficaces para apoyar el avance progresivo en diferentes áreas de la matemática. Este estudio partió de la división de las metas a largo plazo en objetivos menores de enseñanza. Para ello, el entrenamiento se adecuó al ritmo de aprendizaje del niño y al tipo de ayudas que le resultaban más pertinentes. Por medio del programa Catch Up Numeracy abordaron componentes claves de la aritmética, como contar verbalmente, contar objetos, leer y escribir centenas, decenas y unidades, habilidades de estimación numérica, problemas de palabras y números ordinales.

Asimismo, entre las intervenciones centradas en el uso de las TIC, se destaca el estudio de Navarro et al. (2017) *“Instrucción directa con alumnado de Educación Primaria en riesgo de dificultades en el aprendizaje de las matemáticas”*, en la cual se mostraron los efectos de un programa de entrenamiento matemático, combinando actividades específicas de competencia matemática, a partir de técnicas de instrucción directa a niños de primer grado de primaria que

presentaban riesgo de tener dificultades de aprendizaje de las matemáticas. Este programa incluyó actividades como la asociación de cantidades con su grafía y con patrones regulares de puntos (subitización), conceptos de correspondencia uno a uno, comparación de cantidades, tareas de clasificación y seriación, conteo estructurado y resultante, sumas y restas simples y estimación en la recta numérica.

Por otro lado, existen investigaciones que no sólo enfocan sus esfuerzos en el uso de las TIC como herramientas dinamizadoras del conocimiento matemático, sino que se aborda como elemento central la memoria de trabajo para el tratamiento de la DD. Este es el caso del estudio de Ziadat (2022) denominado “*Sketchnote and Working Memory to Improve Mathematical Word Problem Solving among Children with Dyscalculia*” en el cual, se trabajó con 60 niños con DD de tercer grado de primaria, por medio de la técnica Sketchnote (tomar notas visuales) para entrenar la capacidad de la memoria de trabajo. Este entrenamiento incluyó diferentes tareas de seguimiento en una intervención integrada de dos dominios de las matemáticas, habilidades específicas como el conocimiento numérico y generales como la capacidad de manipulación y utilización del conocimiento matemático.

En términos de los procesos psicológicos subyacentes, se observa que las intervenciones propuestas fueron descritas como intervenciones aritméticas que se basan en aumentar las ganancias de conocimiento numérico de los estudiantes, utilizando hechos aritméticos, cálculo mental y cálculo escrito a través del uso de materiales concretos que a su vez implican la participación de más de un sentido, donde la vista, el tacto y la audición pueden facilitar la comprensión de los hechos matemáticos, como lo informó la revisión sistemática de

intervenciones empíricas para estudiantes con DD de Rincón y Celis (2020). No obstante, aunque las investigaciones consultadas evidencian altos niveles de integración de recursos pedagógicos, TIC y distintas estrategias de enseñanza, parecen dejar de lado aspectos como el efecto de la intervención entre los diferentes niveles de déficit en la DD. Puesto que, en la mayoría está presente el sentido numérico y procesos como la adición, existen limitaciones en otras áreas como la geometría, la lógica y el pensamiento abstracto.

1.3 Planteamiento del problema

El desarrollo de esta propuesta de investigación se orienta a caracterizar estrategias de intervención educativas y/o neuropsicológicas que incluyen criterios del enfoque Multimodal y/o Multisensorial para el tratamiento de la DD, en aras de hacer un análisis de las posibilidades de intervención, vinculando las apuestas de la neuropsicología y la educación. La literatura actual muestra que, tradicionalmente la investigación desde la neuropsicología clínica se ha enfocado en la evaluación, diagnóstico y el análisis de los mecanismos cognitivos implicados en este trastorno, a través del uso de pruebas psicométricas que miden el nivel de desempeño matemático (Saga et al., 2021; Movahedi, 2020; Suri et al., 2020; Reeve & Waldecker, 2017; Álvarez y Brotóns, 2018; Peters et al., 2018). Por otro lado, la investigación en educación se ha centrado en el diseño de propuestas pedagógicas para mejorar las habilidades matemáticas en niños con DD en el aula escolar (Hudson, 2017; Puente, 2019; Bird, 2014; Torres et al., 2018; Brum & Lara, 2020). En tal sentido, se cree que los estudios referidos a estrategias educativas,

pocas veces tienen en cuenta los perfiles neuropsicológicos de los niños/as para el diseño de las intervenciones, mientras que en los estudios de corte neuropsicológico el desempeño educativo es fundamental para la valoración y entramiento cognitivo.

Frente a los estudios que han abordado intervenciones educativas para el tratamiento de la DD, se encontró que un porcentaje significativo corresponden a estrategias centradas en el trabajo personalizado con los niños/as en el salón de clases, como lo confirma la revisión sistemática de Rincón y Celis (2020) en la cual se analizaron trabajos publicados entre los años 2010 y 2019, reportando que el 64% de las investigaciones se desarrollaron bajo esta modalidad. Según Yoong y Noor (2021) las estrategias personalizadas suelen ser las más efectivas para el abordaje de la DD porque existe una diversidad de perfiles cognitivos en las personas que lo padecen.

Por otro lado, los dominios de las matemáticas que han sido más abordados en la investigación sobre intervención en DD tienen que ver con el sentido numérico, en habilidades como el conteo y el conocimiento y entrenamiento de las operaciones numéricas básicas, como se muestra en estudios de diferentes países (Tamayo, 2019; Barbosa y Amado, 2017; Delgado et al., 2019; Milla, 2020; Zerafa, 2015) investigaciones que incluyen microdominios como el conteo oral, la asociación de números y cantidades, el reconocimiento de números, la escritura numérica, la resolución de problemas de cuentos y la resolución de ecuaciones.

Por su parte, revisiones sistemáticas como la de Espina de la Cruz et al. (2022) muestran desde una aproximación bibliométrica, un análisis de la producción científica sobre la DD entre

1970 y 2020, en la cual se destaca que la investigación en esta área se ha realizado de manera importante en un grupo reducido de países como Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Suiza, Italia y otras regiones de Europa, estos son los primeros países en publicar estudios sobre DD y los que han consolidado una fuerte tradición investigativa en el campo, específicamente en lo que corresponde al diagnóstico y la evaluación de esta condición.

De acuerdo con el análisis de Espina de la Cruz et al. (2022) en los últimos 5 años ha existido un predominio de investigaciones sobre DD cuyas contribuciones se han centrado en la comprensión del trastorno y en su diagnóstico (Ver por ejemplo Haberstroh & Schulte-Körne, 2019; Mahmud et al., 2020; Carvalho & Haase, 2019; Saga et al., 2021; De Smedt & Ghesquière, 2019; Delgado et al., 2019). Este panorama demostraría un énfasis en la investigación asociada a la detección de la DD y un menor desarrollo en estudios relacionados a su tratamiento de la DD.

Sumado a lo anterior, en aquellas investigaciones que sí están centradas en la intervención para el tratamiento de la DD, hay pocas reflexiones acerca de la pertinencia de los modelos de enseñanza- aprendizaje usados, así como del abordaje metodológico y el alcance de las tareas implicadas en el mejoramiento de las habilidades matemáticas, según Espina de la Cruz et al. (2022) “hacen falta sólidas evidencias para la intervención educativa orientada a la inclusión plena del alumnado con DD, más allá de propuestas de diseño de recursos de apoyo” (p.206).

Adicionalmente, la revisión bibliográfica muestra una ausencia de análisis de intervenciones educativas que incluyan distintos niveles de déficit de la DD. La mayoría de los

estudios de revisión sistemática se centran en resaltar intervenciones asociadas al sentido numérico y la adición, dejando de lado microdominios como la geometría, la lógica y el pensamiento abstracto. Además, algunas de las limitaciones que pueden evidenciarse son los criterios metodológicos usados, por medio de los cuales se identifican y agrupan intervenciones educativas de manera muy general, como lo informaron Espina de la Cruz et al. (2022), el uso de métricas puede obstaculizar la capacidad para distinguir entre “cantidad y calidad” de las investigaciones en DD.

En concordancia con esto, la revisión sistemática de Monei y Pedro (2017) planteó que en la literatura actual son escasos los registros sobre la calidad metodológica y la coherencia de los estudios. Por tanto, en el campo de la investigación en DD surge la necesidad de revisiones sistemáticas que permitan filtrar la información disponible, examinarla y evaluarla sistemáticamente, para analizar el rigor metodológico y la efectividad de las intervenciones, de manera que se pueda proporcionar evidencia válida para apoyar a los niños/as que presentan DD.

De acuerdo con estos hallazgos, se propone que los psicólogos/as, educadores y terapeutas logren avanzar en la comprensión y tratamiento de la DD, por lo cual no es suficiente el aumento de publicaciones sobre diseños cualitativos/cuantitativos, análisis de casos y evaluaciones de programas de intervención si esta vasta información se encuentra dispersa y carece de comparación. Aunque se han dado pasos importantes en torno a los mecanismos cognitivos y neurales que están presentes en las habilidades numéricas y en las estrategias cada vez más efectivas para la detección temprana de la DD, existen vacíos en cuanto a los criterios que permiten identificar la pertinencia de intervenciones para el tratamiento de esta condición,

pues las investigaciones sobre este campo aún son escasas para dar cuenta de un cuerpo robusto de criterios para la aplicación de los hallazgos en el aula escolar o clínica.

En esta vía de integrar los estudios sobre DD, la evidencia muestra la implementación de intervenciones educativas con diferentes enfoques de enseñanza-aprendizaje, que van desde los modelos tradicionales de instrucción directa hasta el uso de la tecnología y el cuerpo para el aprendizaje de las matemáticas. La tendencia actual se ha orientado a incorporar múltiples formas de interacción para que los niños/as con DD puedan acceder al conocimiento matemático a través de los juegos, los cuentos, los programas de computador y el material concreto, trayendo como resultado intervenciones educativas con enfoques Multisensoriales y Multimodales para el tratamiento de esta condición.

Es por esto que para ampliar la mirada del tratamiento de la DD, este estudio plantea una diferenciación entre el modelo Multisensorial y el Multimodal de enseñanza-aprendizaje, dado que proporcionan herramientas para analizar las características visuales, corporales y espaciales en un contexto de aprendizaje matemático. Teniendo en cuenta que desde el modelo Multisensorial, el aprendizaje se concibe como un proceso en el que confluyen múltiples canales perceptivos (Baines, 2008) y en el enfoque Multimodal “se atienden sistemáticamente las formas de crear significado, desde un marco que comprende datos visuales, corporales y espaciales de la interacción y los entornos” (Jewitt, 2013, p.1), se entiende que los procesos de aprendizaje de las matemáticas pueden dinamizarse con la ayuda del lenguaje, los símbolos y los sentidos (Radford y André, 2009).

Por lo anterior, este estudio recupera los principios de ambos enfoques y analiza las estrategias de intervención utilizadas, con el propósito de caracterizar procesos de intervención educativa y/o neuropsicológica diseñados para fortalecer las habilidades matemáticas de niños/as con DD desde perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales. La incorporación de la perspectiva Multimodalidad y Multisensorial permitió reconocer los beneficios que ofrece el uso de múltiples canales de representación visuales, auditivos, corporales, gestuales y táctiles en el aprendizaje de las matemáticas para el tratamiento de la DD, así como explorar el alcance y la pertinencia de estas intervenciones para futuras investigaciones en el aula.

1.4 Pregunta de investigación

¿Cuál es el alcance y la pertinencia de propuestas de intervención educativas y/o neuropsicológicas publicadas entre 2012- 2022 que utilizan algunos criterios de perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales para tratar la DD en niños/as?.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Examinar el alcance y la pertinencia de propuestas de intervención educativas y/o neuropsicológicas publicadas entre 2012- 2022 que utilizan algunos criterios de perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales para tratar la DD en niños y ofrecer criterios para la intervención de esta condición en el contexto escolar o clínico.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Identificar y caracterizar propuestas de intervención educativas y/o neuropsicológicas publicadas entre 2012-2022 que incluyan implícita o explícitamente uno más criterios de perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales para tratar la DD en niños/as.
2. Diseñar un conjunto de criterios para la intervención en DD a partir de perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales que puedan ser aplicados por profesionales o investigadores en el contexto educativo y/o clínico.

1.6 Justificación

La DD como TEA genera un impacto importante en la vida de los niños/as, no solo en sus procesos académicos tempranos, sino también en su futuro profesional y personal, ya que la incapacidad de acceder al conocimiento matemático implica graves dificultades en la adaptación futura. A pesar de su relevancia, el estudio de la DD es un campo que se encuentra aún en construcción; Así lo demuestra la evidencia de diferentes investigadores que plantean que los hallazgos en esta área son significativamente menores frente a otros trastornos del neurodesarrollo como la Dislexia y el Trastorno por Déficit Atencional e Hiperactividad (Benedicto y Rodríguez, 2018; Espina de la Cruz et al., 2021; Sharma, 2003; Zerafa, 2015). Esto podría deberse a que en un número considerable de los casos, también hay presencia de dificultades en la escritura o en la lectura, por lo que las intervenciones para mejorar el desempeño escolar suelen centrarse en fortalecer estos dominios y no en puntualizar en las competencias matemáticas.

Si bien, en los últimos años en la investigación sobre la DD se han ofrecido algunas claridades alrededor del diagnóstico y la evaluación, hay un reto apremiante por avanzar en las reflexiones sobre la generación de espacios educativos incluyentes y adecuados para los niños/as con DD, que tengan en cuenta sus características, potencialidades y las herramientas que proporcionan las tecnologías actuales. Dicho desafío no es exclusivo del ámbito académico, en Colombia se ha desarrollado una normatividad frente al tema que busca garantizar que los niños/as con necesidades académicas diferenciales logren acceso a una educación de calidad, como se estipula en el Decreto 1421 de agosto 29 de 2017, por el cual se reglamenta el marco de la educación inclusiva y la atención educativa a la población con discapacidad (Ministerio de Educación Nacional, 2017).

Para generar escenarios de enseñanza- aprendizaje acordes a las necesidades de los niños/as con condiciones como la DD, es clave aportar al análisis de los enfoques, niveles de investigación, diseños, tipos de análisis de datos, dominios de las matemáticas abordados y los efectos en el desempeño, que permitan dar cuenta de las fortalezas y las limitaciones de las intervenciones, insumos que pueden servir para configurar elementos básicos para el tratamiento exitoso de la DD.

El presente estudio es relevante porque buscar brindar un aporte a la comunidad educativa y clínica, a través de una caracterización que examina y analiza el alcance y la pertinencia de propuestas de intervención educativa y/o neuropsicológicas que incluyen de manera directa o indirecta enfoques contemporáneos de enseñanza- aprendizaje, el Multisensorial y el Multimodal. De manera que al recopilar las experiencias de diversas

investigaciones, se exponen un conjunto de criterios útiles para aplicar en un contexto escolar o clínico donde estén presentes niños/as con DD. Desde este punto de vista, se cree que la importancia de esta investigación radica en que la pregunta sobre la pertinencia de las estrategias educativas y/o neuropsicológicas de los últimos años no puede ser respondida a través de un estudio individual, de ahí que el método de revisión sistemática sea crucial para comparar la información de diversos estudios primarios (Manterola, 2013), a fin de analizar la consistencia de los resultados y ofrecer reflexiones basadas en la evidencia que pueden ser un marco para próximas experiencias de intervención en el área.

1.7 Marco teórico

En esta propuesta de investigación, se retomaron apuestas teóricas contemporáneas desde las ciencias cognitivas, las cuales permitirían un análisis integral de los diferentes elementos que hacen parte de las intervenciones para tratar la DD. Por lo tanto, se seleccionaron perspectivas de las Teorías de la cognición corporeizada y la Multimodalidad y/o Multisensorialidad como punto de referencia para revisar las investigaciones. A continuación se definirán estos enfoques:

1.7.1 Teorías de la cognición corporeizada

La emergencia de nuevas comprensiones sobre cómo los sujetos aprenden, procesan e integran el conocimiento, junto con los avances tecnológicos de las últimas décadas, han planteado un debate entre los paradigmas cognitivos tradicionales y contemporáneos. Las teorías

cognitivas de corte tradicional han posicionado al cuerpo como un observador "pasivo" del cerebro, cuya función principal es la ejecución de acciones motoras, donde los procesos cognitivos son el resultado de los sistemas perceptivos y la abstracción por medio de las representaciones mentales. Por su parte, las teorías de la cognición corporeizada "*Embodied cognition*", sugieren que la cognición está mediada en gran medida por las características del cuerpo físico de un agente, donde el conocimiento es el producto de la percepción y la acción (Fugate & Cipriano, 2018).

Las teorías de la cognición corporeizada son un campo innovador que ha tenido avances en la investigación desde diferentes disciplinas como la robótica, informática, historia del arte, literatura, ciencia, estudios religiosos, biología, neuroantropología y educación (Springborg & Ladkin, 2018; Metta et al., 2008; Kuzmičová, 2014; Drayson, 2009; Goldman, 2012). Esta perspectiva plantea que la cognición se basa en las interacciones corporales con el entorno y la cultura, y que el aprendizaje de los conceptos está vinculado al sistema sensorial y motor del cuerpo (Fugate & Cipriano, 2018).

Cada vez son más las investigaciones que abordan la aplicación de las teorías de la corporeidad al ámbito educativo, con el propósito de aumentar la eficacia del aprendizaje de los estudiantes. La evidencia disponible ha mostrado la existencia de elementos de las matemáticas que están incorporados en el cuerpo, como por ejemplo la representación numérica a través de la representación de los dedos, esto puede observarse cuando los niños/as usan los dedos para contar y resolver problemas aritméticos. Aunque sea una estrategia bastante común, el uso de los dedos expresa la cognición corporeizada, puesto que la acción del cuerpo y el pensamiento

configuran el conocimiento en sí mismo (Fischer & Brugger, 2011; Moeller et al., 2012 citados en Tran et al., 2017).

En esta misma vía, los estudios de Carbonneau et al. (2013); Chu y Kita (2011); Lindgren (2015) citados en Tran et al. (2017) mostraron la influencia de los movimientos corporales en la retención de los conceptos. Adicionalmente, se ha planteado que “Actuar en respuesta a la información, además de simplemente verla o escucharla, permite una integración de modalidades de niveles más profundos de procesamiento para crear un rastro de memoria más fuerte, facilitando a los alumnos activar múltiples vías para recordar más adelante” (Fraïssé & Lockhart, 1972, citado en Tran et al., 2017, p.2).

Ahora bien, actualmente se han desarrollado diferentes enfoques teóricos dentro de la perspectiva de la Cognición Corporeizada. No obstante, la mayoría de los autores de este campo coinciden en la idea que “El cuerpo funciona como un constituyente de la mente y no como algo secundario” (Fugate & Cipriano, 2018, p.1). Teniendo en cuenta la diversidad de perspectivas disponibles, para el desarrollo de esta apuesta investigativa, se retomaron dos perspectivas teóricas. A saber, Radford (2014) y Malafouris (2013) permiten un análisis interdisciplinario del proceso de aprendizaje de los individuos.

La perspectiva de Radford (2014) aporta una visión de la educación matemática desde la ciencia cognitiva, con una postura amplia de las interacciones del individuo con su entorno material, desde la cual se concibe que “La cognición humana sólo puede entenderse como una forma multimodal sintiente, cultural e históricamente constituida, de responder, actuar, sentir,

transformar y dar sentido al mundo de forma creativa” (p.13). Esto sugiere la importancia del reconocimiento del cuerpo, el gesto y el entorno en los procesos de conocimiento. Radford (2014) señala la capacidad cognitiva de los niños/as para representar las propiedades del mundo a través de los gestos, dado que las ideas acerca de su entorno se transmiten no solo verbalmente, sino también por múltiples canales de comunicación, por lo que estos constituyen parte integral del conocimiento en sí mismo. A su vez, el razonamiento es visto como un proceso dinámico y flexible, en el cual intervienen el habla interna y externa, las acciones, los elementos sensoriales, los símbolos, los artefactos y las herramientas culturales. Por lo tanto, el gesto se constituye como conocimiento en el cuerpo del individuo.

En las ciencias cognitivas, resulta clave considerar la perspectiva de Malafouris (2013) enmarcada en un enfoque interaccionista, que incluye elementos filosóficos y antropológicos además de los psicológicos, pues permite analizar la relación entre cuerpo-mente-artefactos. Según este autor, la cognición corporeizada trasciende la dicotomía mente- cuerpo, no solo le otorga un lugar al pensamiento por fuera de los límites convencionales (cerebro), sino que además considera el papel activo de la mediación material en los procesos cognitivos, en los cuales el lenguaje, los artefactos, los gestos, los rituales, etc., configuran la cognición humana.

En este sentido, para Malafouris (2013) la cognición se extiende hacia el mundo externo a través de la interacción del sujeto con los artefactos. Por medio del tacto se crea un canal de interacción entre el sujeto y su entorno, permitiendo la generación de conceptos, de manera que el sistema gestual Cara-mano-cuerpo permiten razonar sobre el mundo. Esta concepción de la cognición es particularmente útil para el entrenamiento de habilidades matemáticas, si se piensa

que el aprendizaje y la práctica de este dominio no son actividades puramente mentales, pues están fuertemente asociadas a aspectos sociales, ambientales y culturales, dado que se conciben como parte de la actividad adaptativa del hombre en el mundo, compartida y dotada de significado a través del lenguaje (Núñez et al., 1999).

1.7.2 Aprendizaje desde las perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales

Actualmente existen enfoques del aprendizaje de diferentes orientaciones, que van desde la instrucción tradicional, hasta estrategias que incorporan tecnologías y materiales concretos para la enseñanza. Una de estas alternativas innovadoras son las perspectivas Multimodales, que buscan fortalecer el aprendizaje de los niños/as, no solo en el área de las matemáticas sino en diferentes áreas del conocimiento como la lingüística, antropología y ciencias (Véase Gladic & Cautín-Epifani, 2016; Taylor, 2016; Sindoni, 2014; Fernández et al., 2019) entre otras.

La Multimodalidad es un enfoque interdisciplinario que incluye el análisis de elementos de la comunicación, la representación y la interacción entre sujetos y artefactos. A nivel general, se utiliza para resaltar que las personas usan múltiples medios de creación de significado, bajo la premisa que los diferentes medios de creación no están separados, sino que usualmente aparecen de manera simultánea: la imagen con la escritura, el habla con el gesto, las matemáticas y simbolismo, etc. Por lo cual, este enfoque implica considerar la forma en la que se utilizan recursos como el habla, la entonación, el gesto (cara, mano y cuerpo), la proximidad, así como productos de la tecnología humana como la pintura, la escritura, la arquitectura, la grabación de imágenes y sonidos, y en tiempos más contemporáneos, los recursos informáticos interactivos

tales como programas informáticos y hardware de medios digitales o TIC (O'Halloran & Smith, 2012).

Desde una perspectiva de la comunicación, la Multimodalidad suele referirse a los múltiples modos a través de los cuales tiene lugar la semiosis social, por ejemplo, medios de comunicación hablados, escritos, impresos, digitales, objetos materiales (O'Halloran, 2009). De esta manera, se entiende que la comunicación es algo más que el lenguaje y se enfoca en la interpretación social de una variedad de formas de generar significado. El enfoque de la Multimodalidad proporciona conceptos, métodos y un marco para la recopilación y el análisis de aspectos visuales, auditivos, corporales y espaciales de la interacción entre el individuo y el contexto (Jewitt, 2009; Kress, 2010 citados en Jewitt, 2013).

Por su parte, el carácter representacional de la perspectiva Multimodal, se refiere al hecho de que el aprendizaje contempla una o más formas de representaciones que integran diferentes componentes de varias modalidades como el lenguaje y los símbolos. Asimismo, en dicho proceso se manifiesta la transmisión del significado a través de la combinación de varias modalidades, en las que cada recurso o modo conlleva un conjunto único de capacidades y limitaciones relacionadas con la transmisión de conocimientos (Prain & Waldrup, 2006).

Siguiendo a Truck (2014) en términos de la interacción, la Multimodalidad analiza las dinámicas que se dan en un entorno social y cultural, permitiendo develar las intenciones y conocimientos que las personas aportan a ese encuentro. Además, este enfoque plantea que al emplear múltiples sentidos, tanto secuencialmente como en paralelo, para explorar pasiva y

activamente el entorno, confirmar expectativas sobre el mundo y percibir nueva información, se usan modalidades de detección para estimar varias propiedades útiles del contexto; por ejemplo, se usan variedad de sentidos para determinar el tamaño y otras características del espacio físico circundante o identificar otras características del entorno, por lo que las múltiples modalidades de detección permiten una gran cantidad de información para respaldar la interacción con el mundo y entre los sujetos.

En relación con los elementos que conforman un proceso de enseñanza-aprendizaje Multimodal, Mayer (2001), citado en Sacán et al. (2017) menciona tres aspectos a considerar. En primer lugar, hay medios de entrega o transmisión de la información (los cuales combinan dos o más medios (artefactos) de transmisión, como el proyector y la voz del presentador. En segundo lugar, hay modalidades de presentación (representaciones que incluyen palabras y dibujos, como texto en pantalla y animación); y modalidades sensoriales (los sentidos visual, auditivo o táctil).

Bajo la premisa de la confluencia de distintas formas de representación en la construcción de significados, como el lenguaje oral y escrito, las imágenes y las fórmulas, la Multimodalidad plantea que hay una mejor manera de acceder al aprendizaje por medio de distintos recursos, esto implica que en el contexto escolar tanto docentes como alumnos cuenten con diferentes opciones para expresar y acceder al conocimiento, de manera que se integren múltiples formas de significar y construir conocimiento (Sacán et al., 2022).

Como resultado, se ha planteado que el uso de distintos recursos conducen a una mayor consolidación de los aprendizajes, en la medida que los estudiantes procesan la información a

través de canales visuales, táctiles o verbales, establecen mayores construcciones referenciales y hay un número mayor de posibilidades en la recuperación de la información, por lo que la capacidad de transmisión de información y construcción de significados alrededor de esta, es una ventaja que ofrecen las estrategias multimodales frente a los enfoques de enseñanza- aprendizaje tradicionales basados en la instrucción directa (Sacán et al., 2022).

Desde este marco teórico se puede destacar que la noción de Multimodalidad es definida en oposición a la Monomodalidad, para dar énfasis en que no sólo es posible representar y comunicar a través del lenguaje (oral o escrito), sino que cada recurso hace un aporte particular a la creación de significados. La Multimodalidad es entonces un enfoque para observar la interacción y la comunicación en general. Desde esta perspectiva, diversas modalidades participan en el diseño de un producto como la escritura, dibujos, fotografías, expresión corporal, habla, entre otros, y combinados dan una forma particular que crea significados (Radford & André, 2009).

De acuerdo con Jewitt (2013) hay tres supuestos teóricos principales que comprenden el enfoque Multimodal:

- La comunicación siempre implica el uso de múltiples modos (habla, escritura, gestos, imágenes y otros), y sus relaciones intermodales contribuyen a la creación de significado.
- El significado se construye a través de la selección y configuración de los diferentes modos en las interacciones.

- Los recursos utilizados por los interactuantes se moldean socialmente a lo largo del tiempo para crear un sentido cultural compartido, de forma en que pueden transmitir el significado.

Derivado de las perspectivas Multimodales y, con la llegada de la tecnología a las aulas, se ha desarrollado los enfoques Multisensoriales, los cuales parten de la idea que el procesamiento multisensorial reduce la carga cognitiva, porque la información de los distintos sentidos puede agruparse más fácilmente en la memoria a corto plazo y utilizarse para construir representaciones a largo plazo. Esta perspectiva plantea que los materiales de clase, las animaciones, los esquemas, los videos, las pinturas, los gráficos y objetos que se presentan junto con las narraciones, facilitan el aprendizaje de hechos y conceptos. No obstante, cuando los materiales son incoherentes con el concepto central que se quiere enseñar, interfieren en el proceso aprendizaje (Shams & Seitz, 2008).

En otras palabras, el aprendizaje Multisensorial implica la necesidad de una forma de enseñar que requiere que los alumnos activen sus diferentes sentidos para ver, oír, oler, saborear, moverse, tocar, pensar, intuir y disfrutar en una variedad de situaciones, “Al reunir la palabra escrita, los estímulos auditivos (la pronunciación de la palabra) los estímulos kinestésicos y la actividad kinestésica (el trazado de la palabra), los niños se convierten en lectores” (Henry, 1998; Josh et al., 2002 citados en Baines, 2008, p.22).

Particularmente en el aprendizaje de las matemáticas, algunos expertos señalan que con los cambios pedagógicos de las últimas décadas, los enfoques de enseñanza-aprendizaje le

apuestan cada vez más al enfoque Multisensorial y la estimulación de distintos canales de comunicación, al promover el razonamiento y potenciar el uso de distintos artefactos se facilita la emergencia de procesos creativos y pensamiento abstracto (Alonso 2012, citado en Peñaherrera & Armas, 2020).

2. Discalculia, Manifestaciones Clínicas y Valoración

2.1 Bases neurobiológicas de la Discalculia

La investigación sobre las bases neurobiológicas que causan la DD sigue en desarrollo, diferentes estudios coinciden en la existencia de correlaciones neurobiológicas que dan cuenta de la etiología de esta condición, sin que por ello pueda hablarse únicamente de causas orgánicas, pues se ha demostrado la presencia de múltiples factores involucrados a nivel contextual, social y cultural (Benedicto y Rodríguez, 2018).

Con el objetivo de establecer la correlación genética de las dificultades del aprendizaje de las matemáticas, que incluyen la DD, se han desarrollado estudios longitudinales con gemelos, reflejando la presencia de un componente genético que se mantiene a través del tiempo (Kadosh & Walsh, 2007). Dicho componente se trata de la variante del gen myosin-18B (MYO18B), el cual se considera un marcador del rendimiento en el área de las matemáticas (Ludwig et al., 2013). Adicionalmente, investigaciones como la de Kanzafarova et al. (2015) han propuesto la influencia de la combinación de los genes MMP7, GRIK1 y DNA H5 como responsables del desarrollo de dificultades en el aprendizaje de las matemáticas (De La Peña & Bernabéu, 2018). Pese a estos hallazgos, la evidencia científica sigue siendo poco concluyente por la ausencia de

investigaciones en el campo, ya que se han identificado menos genes relacionados a las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, que aquellos relacionados con las dificultades en la lectura.

Con el avance de las técnicas de neuroimagen, la literatura científica ha expuesto diferencias importantes entre el cerebro de los niños/as diagnosticados con DD y aquellos que no la presentan. Las áreas afectadas componen estructuras y regiones cerebrales, distribuidas en diferentes zonas, entre las que se destacan el lóbulo parietal, específicamente el surco intraparietal, el cual tiene un rol clave en la representación de las magnitudes. Igualmente, estudios como los de Klein et al. (2013) y Kucian et al. (2013) citados en De la Peña y Bernabéu (2018) han planteado que existe una falta de integración en la sustancia blanca en los fascículos longitudinales y en áreas de conexión intraparietal del cuerpo calloso, sugiriendo que la DD podría considerarse un síndrome de desconexión, pues son varios los procesos y las funciones que se ven comprometidas en este trastorno. Adicionalmente, estos estudios exponen otras áreas afectadas en la DD que incluyen regiones del hemisferio izquierdo implicadas en el procesamiento lingüístico, como el giro angular, regiones relacionadas con el procesamiento visoespacial, la corteza parietal derecha y áreas prefrontales relacionadas con el control atencional, al igual que el funcionamiento ejecutivo.

La amplia participación de diferentes estructuras cerebrales hace que la capacidad para las matemáticas, deba considerarse como un conjunto de habilidades más que una habilidad unitaria. La manifestación de la DD puede observarse en aspectos cognitivos y conductuales de los niños/as, como en dificultades para la estimación, afectaciones en la memoria a corto y largo

plazo que derivan en dificultades para recordar los procedimientos matemáticos, aprender a decir la hora, estimar el paso del tiempo, evaluar las cantidades, manejar el dinero, comprender el valor posicional, realizar cálculos, elegir la operación numérica correcta y aplicarla correctamente, secuenciar y reconocer patrones, contar hacia atrás y comprender la orientación espacial, lo que puede llevar a importantes dificultades en el seguimiento de instrucciones, lectura de mapas, direcciones e incluso problemas en la adaptación al entorno (Emerson et al., 2010).

2.2 Diagnóstico de la Discalculia

La detección de la DD como condición diferencial de otros Trastornos del Aprendizaje, suele realizarse de manera distinta dependiendo del contexto, ya sea clínico o educativo. Sin embargo, se recomienda seguir criterios estandarizados para su diagnóstico, como los descritos en el DSM-5 (2014), donde se plantea que la DD se encuentra dentro de la categoría de los Trastornos Específicos del Aprendizaje, por ende, se sugiere determinar la presencia o ausencia de los siguientes indicadores:

1. “Dificultad en el aprendizaje y en la utilización de las aptitudes académicas, evidenciado por la presencia de al menos uno de los siguientes síntomas que han persistido por lo menos durante 6 meses, a pesar de intervenciones dirigidas a estas dificultades:
 - 1.1. Lectura de palabras imprecisa o lenta y con esfuerzo (p. ej., lee palabras sueltas en voz alta incorrectamente o con lentitud y vacilación, con frecuencia adivina palabras, dificultad para expresar bien las palabras).

- 1.2. Dificultad para comprender el significado de lo que lee (p. ej., puede leer un texto con precisión pero no comprende la oración, las relaciones, las inferencias o el sentido profundo de lo que lee).
 - 1.3. Dificultades ortográficas (p. ej., puede añadir, omitir o sustituir vocales o consonantes).
 - 1.4. Dificultades con la expresión escrita (p. ej., hace múltiples errores gramaticales o de puntuación en una oración, organiza mal el párrafo, la expresión escrita de ideas no es clara).
 - 1.5. Dificultades para dominar el sentido numérico, los datos numéricos o el cálculo (p. ej., comprende mal los números, su magnitud y sus relaciones, cuenta con los dedos para sumar números de un solo dígito en lugar de recordar la operación matemática como hacen sus iguales, se pierde en el cálculo aritmético y puede intercambiar los procedimientos).
 - 1.6. Dificultades con el razonamiento matemático (p. ej., tiene gran dificultad para aplicar los conceptos, hechos u operaciones matemáticas para resolver problemas cuantitativos).
2. Las aptitudes académicas afectadas están sustancialmente y en grado cuantificable por debajo de lo esperado para la edad cronológica del individuo, e interfieren significativamente con el rendimiento académico o laboral, o con actividades de la vida cotidiana, que se confirman con medidas (pruebas) estandarizadas administradas individualmente y una evaluación clínica integral.

3. Las dificultades de aprendizaje comienzan en la edad escolar pero pueden no manifestarse totalmente hasta que las demandas de las aptitudes académicas afectadas superan las capacidades limitadas del individuo.
4. Las dificultades de aprendizaje no se explican mejor por discapacidades intelectuales, trastornos visuales o auditivos no corregidos, otros trastornos mentales o neurológicos, adversidad psicosocial, falta de dominio en el lenguaje de instrucción académica o directrices educativas inadecuadas” (DMS-V, 2014, p.40).

En términos del diagnóstico diferencial, es importante tener en cuenta que hay dificultades matemáticas causadas por otras condiciones que no se consideran DD, como daños o enfermedades cerebrales (por ejemplo, parálisis cerebral infantil, epilepsia), trastornos neurogenéticos, deficiencias visuales o auditivas no detectadas, discapacidad intelectual (es decir puntuaciones de Coeficiente Intelectual menores a 70), escolarización inadecuada (ausentismo escolar o deficiencias en la pedagogía), contexto de aprendizaje y apoyo insuficiente y trastornos comórbidos como ansiedad y fobia escolar (Haberstroh & Schulte-Körne, 2019).

Adicionalmente, según el DSM-5 (2014), la DD se puede manifestar como un patrón de dificultades de aprendizaje caracterizado por problemas en el procesamiento de la información numérica, en el aprendizaje de operaciones aritméticas y cálculo correcto o fluido. Tales dificultades deben ser especificadas por los profesionales que realizan el diagnóstico en tres niveles: *Leve*, *Moderado* y *Severo*, teniendo en cuenta la gravedad del caso en el momento de la evaluación y lo recabado en la historia clínica.

A pesar de los parámetros establecidos por los manuales clínicos, se ha descrito el desafío que implica el diagnóstico de la DD, puesto que la experiencia práctica ha demostrado la existencia de distintos perfiles de rendimiento en las competencias numéricas y de cálculo, de manera que resulta necesario la revisión detallada de las habilidades numéricas que permita evaluar de forma adecuada el nivel de competencia, así como las fortalezas y debilidades en los niños/as (Kauffman & Von Aster, 2012).

Lo anterior coincide con los hallazgos del meta-análisis de Haberstroh y Schultel (2019) quienes plantean que se debe considerar realizar un diagnóstico de DD sólo en casos donde el niño o la niña demuestre un rendimiento matemático inferior a la media en los últimos años de escolaridad, además de información sobre la historia individual, los resultados de las pruebas matemáticas, el examen clínico, antecedentes médicos y la evaluación psicosocial.

En síntesis, la DD se caracteriza por ser un trastorno heterogéneo, que comprende déficits en el funcionamiento conductual, cognitivo y neuronal (Mahmud et al., 2020). Por lo tanto, es necesario que el profesional a cargo del diagnóstico establezca las particularidades de cada caso y use instrumentos tanto clínicos como educativos para una evaluación integral.

2.4 Evaluación de la Discalculia

La evaluación de la DD se realiza para determinar las dificultades matemáticas y valorar las funciones cognitivas que presentan un desarrollo diferencial en los niños y niñas con sospecha del trastorno, de manera que se puedan detectar la presencia de posibles déficits asociados. Para dicho proceso, se recomienda el uso de diferentes instrumentos de diagnóstico;

Por ejemplo, Kauffman y Von Aster (2012) identifican dos tipos de categorías principales que permiten analizar la habilidad numérica en escolares, estos son los instrumentos curriculares y las pruebas neuropsicológicas. En el primer grupo se encuentran pruebas de rendimiento escolar, orientadas al plan de estudios de matemáticas del curso del niño/a, cuya finalidad principal es determinar el logro de los objetivos de aprendizaje. Por otro lado, el segundo grupo de instrumentos están diseñados para evaluar las competencias numéricas y aritméticas básicas, además de tener en cuenta las funciones cognitivas no numéricas, con el objetivo de generar un perfil de rendimiento numérico-aritmético e identificar los procesos y mecanismos de aprendizaje subyacentes.

Aunque existan diferencias en el enfoque de valoración de la DD, es clave determinar el desempeño en los subdominios de las matemáticas afectados. Por eso se recomienda que la evaluación incluya tareas como: (a) contar hacia delante y hacia atrás, con y sin los dedos para estimar la habilidad de conteo, (b) la asignación número-cantidad por medio de objetos (concretos), ilustraciones (pictóricas) y símbolos, (c) la correlación basada en la estimación entre palabras y números, (d) la representación análoga de la recta numérica, (e) ejercicios de adición, sustracción, multiplicación y división según el nivel escolar, (f) aritmética escrita, (g) reconocimiento de palabras numéricas por medio de presentación auditiva y visual, (h) comprensión de las reglas matemáticas (i) ejercicios de resolución de problemas y funciones ejecutivas (Emerson et al., 2010).

El estudio de Reeve y Waldecker (2017), sintetiza algunas de las baterías de mayor uso a nivel internacional para la evaluación de la DD, como la Escala Wechsler (WAIS IVa; WISC-

IVa or WISC-V; WPPSI-IVa), Woodcock-Johnson (WJ III COGa; WJ-IV COG), Wechsler Individual Achievement Test (WIAT-IIa , WIAT-III), Woodcock-Johnson (WJ III ACHa ; WJ IV ACH; WJ IV ECAD), Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC-II), Kaufman Test of Educational Achievement (KTEA-III), KeyMath 3 Diagnostic Assessment y Dyscalculia Screener.

A nivel nacional, algunos de los instrumentos que se han documentado para la evaluación de la DD y los Trastornos Específicos del Aprendizaje son: el Cuestionario de problemas de aprendizaje CEPA, la Escala de inteligencia de Weschler para niños revisada WISC-R, para determinar el Coeficiente Intelectual (CI), subescalas de la Mini entrevista neuropsiquiátrica internacional para niños y adolescentes (M.I.N.I.- N-A) y la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) para estimar las habilidades escolares de lectura, escritura y cálculo, así como funciones cognitivas de atención, memoria, lenguaje, praxias, gnosias y funciones ejecutivas (Aponte y Zapata, 2013; Quijano et al., 2013).

2.5 Perspectiva de la neuropsicología cognitiva en la DD

La neuropsicología cognitiva ha tenido un papel fundamental en la comprensión de los aspectos generales y específicos de las dificultades de aprendizaje presentes en la DD (Nazari et al., 2022). En esta línea, se han identificado funciones cognitivas y habilidades numéricas que se desarrollan atípicamente en esta condición. Aunque se ha descrito que el procesamiento numérico tiene lugar en varias regiones cerebrales, la especificación funcional de los componentes cognitivos

es importante para comprender las implicaciones de la DD (Fias et al., 2013). A continuación, se exponen algunas de las funciones cognitivas y habilidades matemáticas, que se han relacionado con el procesamiento numérico en la DD:

Las funciones ejecutivas (FE) también denominadas funciones frontales o de control, son un conjunto de modalidades cognitivas que se relacionan con la capacidad de planificación, organización, monitoreo, autocorrección, representación compleja del mundo externo, habilidades simbólicas y razonamiento. Las FE involucran un nivel superior de funcionamiento de funciones cognitivas básicas como la atención, la memoria, la percepción, el pensamiento, el lenguaje y la praxis (Arsic et al., 2012).

Desde la neurociencia cognitiva y la neuropsicología se ha descrito la relación de las FE con el procesamiento numérico desde distintos niveles, por ejemplo, la capacidad de planificación y formación de conceptos (elementos del funcionamiento ejecutivo) son fundamentales para el dominio de las destrezas matemáticas en primaria. Asimismo, monitorear el desempeño de las tareas y desplegar procesos de control inhibitorio para evitar errores son elementos de las FE que se involucran en el desempeño matemático. Igualmente, el control cognitivo y la manipulación de los datos en la memoria de trabajo son factores determinantes en la competencia numérica (Fias et al., 2013).

La memoria de trabajo o memoria operativa se concibe como “Los procesos de la memoria a corto plazo que permiten la conservación de información hasta la realización de una operación” (Ardila et al., 2015, p.31). Este tipo de memoria tiene un rol crucial en el aprendizaje

de las matemáticas desde las primeras etapas de desarrollo, ya que tiene una implicación en la adquisición de conceptos numéricos como en la resolución de problemas simples y más sofisticados. Como resultado de estudios de neuroimagen se ha planteado el vínculo entre la memoria de trabajo y la cognición matemática; Desde este punto de vista, se ha expuesto que un bajo desarrollo de la memoria de trabajo contribuye a las discapacidades del aprendizaje (Menon, 2016). Adicionalmente, diferentes estudios sobre DD coinciden en la idea de que los niños/as con esta condición presentan dificultades para recordar y recuperar datos numéricos, como recordar las tablas de multiplicar, comprender y recordar los conceptos matemáticos y comprender problemas matemáticos. Específicamente, para la resolución de problemas es necesario tener la capacidad de retener información en la memoria de corto plazo, para así manipularla y utilizarla para realizar los cálculos adecuados, así como recordar los procedimientos y reglas, proceso que involucra a la memoria de trabajo (Hornigold, 2015).

El sentido numérico se relaciona con la capacidad de comprender lo que son los números y utilizarlos para resolver problemas, el cual se concibe como la base fundamental para la consolidación de las habilidades matemáticas. Los componentes claves del sentido numérico son la conciencia numérica y sus usos en la cotidianidad (Emerson et al., 2010). Esta habilidad se desarrolla paulatinamente como producto de la exploración de los números en la infancia temprana, al visualizarlos en distintas situaciones y relacionarlos de forma ampliada. Cuando estas habilidades se han consolidado, los niños y niñas son capaces de entender cómo se relacionan los números entre sí. Algunos indicadores de un escaso sentido numérico son la falta de correspondencia uno a uno, como no asignar un nombre numérico a un objeto de un conjunto,

la incapacidad de "contar por pasos", es decir, de contar sólo de uno en uno y la incapacidad de generalizar (Hornigold, 2015).

La subitización se define como una valoración rápida y precisa de una cantidad de puntos pequeños (rango de 1 a 4 puntos), y la estimación es un proceso impreciso para evaluar una gran cantidad de elementos (rango de 5 puntos o más). La estimación es un proceso utilizado para evaluar un gran número de elementos durante un breve tiempo de presentación (Ashkenazi et al., 2012). Ambos procesos se relacionan con la capacidad de identificar instantáneamente el número de objetos de un conjunto sin contarlos; no obstante, las investigaciones en DD han expuesto que a los niños y niñas con esta condición les resulta difícil y necesitan contar cantidades pequeñas de objetos (Hornigold, 2015).

De acuerdo con Butterworth (2005); Wilson y Dehaene (2007) citados en Schleifer & Landerl (2011) los niños/as con DD presentan un déficit en los mecanismos innatos del procesamiento de magnitudes que impacta en el procesamiento numérico y las habilidades aritméticas, dado que la subitización es un mecanismo innato precursor del módulo numérico. Diferentes estudios han demostrado que sujetos con DD tienen un bajo rendimiento incluso en las tareas sencillas que requieren el procesamiento de números y magnitudes.

El valor posicional se concibe como un sistema generativo para nombrar números utilizando un pequeño conjunto de símbolos. La base del sistema actual utiliza los símbolos numéricos 0-9 y símbolos adicionales como (".", "-") para nombrar números muy grandes y muy pequeños con pocos dígitos. Este concepto matemático es fundamental porque da cuenta del

manejo que tienen los niños y niñas de los números naturales de varias cifras (Tolmie et al., 2013). El aprendizaje del valor de posición es fundamental para la resolución de operaciones aritméticas básicas como la suma y la resta (Medina, 2016) dado que se relaciona con la posibilidad de representar cantidades y escribir símbolos numéricos, manipulando distintas modalidades de representación numérica (Meel, 2003; Lerner & Sadovsky, 1994; Prince, 2001; citados en Medina, 2016). Por esto, si esta competencia no se configura en las primeras fases de escolarización puede generar dificultades significativas de otros subdominios de las matemáticas.

Por otra parte, la transcodificación numérica es un proceso mental por medio del cual se traducen numerales de un formato de representación a otro, haciendo posible expresar en formato arábigo números que se encuentran en formato verbal o viceversa (Orozco et al., 2007). Así, el proceso de transcodificación requiere de la comprensión de la regla del valor de posición y de las relaciones aditivas y multiplicativas implícitas en los números manipulados en la tarea (Barrouillet et al., 2004; Muñoz et al., 2015).

De acuerdo con Butterworth y Yeo, (2004) citados en Neville (2012), en los procedimientos aritméticos, las dificultades encontradas en la DD retrasan el proceso de recuperación automática de los hechos numéricos. Igualmente se presenta un bajo desarrollo del recuento verbal y/o con los dedos. Se dificulta la escritura de números de dos cifras en orden inverso, como colocar los dígitos en la columna equivocada, confundir la indivisión del divisor y el dividendo o confundir los signos de operación como "+" y "x". El individuo con esta condición puede olvidar habilidades aprendidas previamente y no puede generalizar los conocimientos matemáticos adquiridos en varios ámbitos matemáticos.

3. Abordaje Metodológico

3.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo del presente estudio, se realizó una revisión sistemática de literatura científica publicada entre 2012 y 2022, sobre procesos de intervención desde perspectivas educativas y/o neuropsicológicas para el tratamiento de niños/as con DD, con el fin de examinar e identificar el alcance de dichas investigaciones y elaborar conclusiones sobre la pertinencia de contar con principios Multimodales y/o Multisensoriales para fortalecer las habilidades matemáticas. Para esto, la investigación se enmarcó en el método de Revisión sistemática de literatura, el cual se caracteriza por “sintetizar la evidencia disponible, evaluando aspectos cuantitativos y cualitativos de estudios primarios, con el propósito de resumir, establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas y el estado actual del conocimiento respecto al tema, de manera que se pueda analizar y comparar la información” (Manterola et al., 2013, p.149). De acuerdo con el Centro Cochrane Iberoamericano (2012) las revisiones sistemáticas de literatura están caracterizadas por seguir los siguientes pasos fundamentales (p.33):

- La definición del problema
- La ubicación y selección de los estudios
- La evaluación de calidad de los estudios seleccionados
- La obtención de los datos

- El análisis de datos y resultados
- La interpretación de resultados.

3.2 Estrategias de recolección de información

Se realizó una indagación de estudios empíricos sobre propuestas de intervención para el tratamiento de la DD, en las cuales se evidenció la aplicación explícita o implícita de los principios del enfoque Multimodal y/o Multisensorial, es decir, que contarán con dos o más modalidades de intervención para el proceso de aprendizaje. Para ello, se identificaron artículos científicos relacionados con el tema de investigación en diferentes bases de datos. A saber, Redalyc, Google Academic, ERIC, Springer Link, Science Direct, Scopus, Scielo, Dialnet, APA Psycnet, ProQuest, Taylor and Francis y SAGE. Para esto, se usaron las siguiente palabras claves: (Dyscalculia) OR (Dyscalculia and Multisensory), OR (Dyscalculia and education), OR (Discalculia y educación), OR (dyscalculia and intervention), OR (Discalculia), OR (Discalculia e intervención).

De manera simultánea se hizo seguimiento a la búsqueda a través de una matriz en Excel que da cuenta de las palabras claves utilizadas, el número de artículos encontrados, los estudios seleccionados y filtros adicionales para develar el paso a paso del proceso de exploración. Con el resultado de dicha exploración, las investigaciones se filtraron por su título y resumen, con la finalidad de corroborar el cumplimiento de lo establecido, estos estudios se incluyeron en una

nueva base de datos de Excel que contaba con un mínimo de 60 investigaciones para su revisión preliminar. Los criterios de inclusión y exclusión se definen a continuación:

- Se incluyen artículos con fecha de publicación entre 2012 y 2022, incluyendo artículos publicados en revistas científicas.
- Se incluyen artículos en idioma inglés y español.
- Se incluyen investigaciones con niños y niñas entre los 6 a 13 años.
- Se incluyen estudios cuya intervención involucre el uso de dos o más modalidades en el proceso de aprendizaje o entrenamiento.
- Se incluyen estudios que consideren una evaluación neuropsicológica o de habilidades matemáticas previas a los participantes.
- Se excluyen estudios con participantes que presenten Discapacidad intelectual, Trastornos de aprendizaje o neurodesarrollo y Trastornos psiquiátricos.

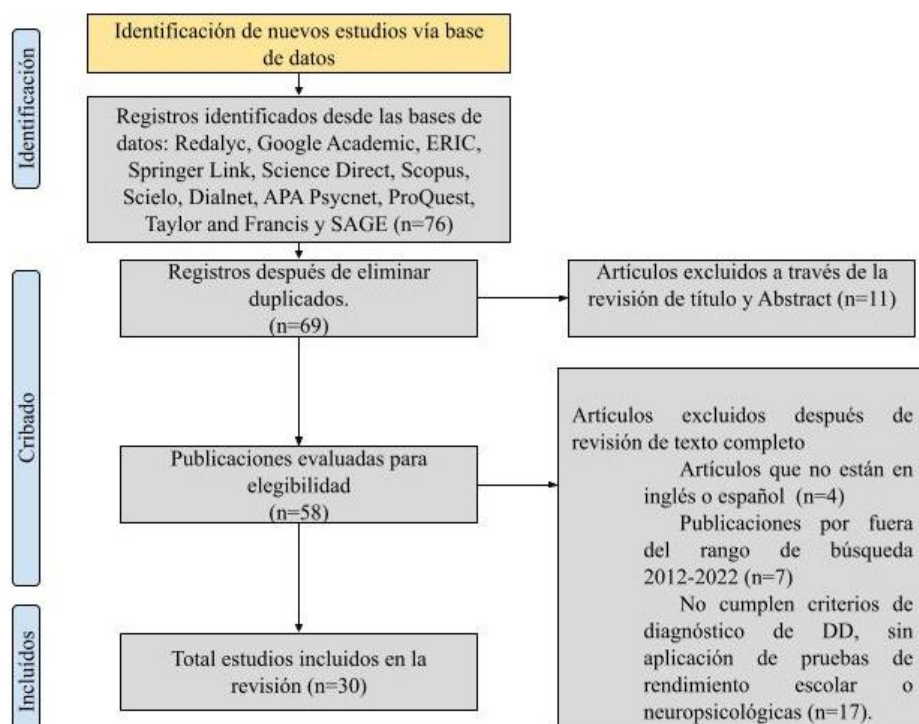
Una vez se obtuvieron los artículos que cumplieran con los criterios planteados, se procedió a extraer los datos en un formato de reseñas para el análisis de las investigaciones. Estas reseñas permitieron la identificación del artículo, el diseño metodológico, tipo de intervención, participantes, aportes, resultados y revisión de las categorías de análisis.

3.3 Estrategias de análisis de información

La presente Revisión sistemática de literatura tuvo como marco de referencia las directrices de la declaración PRISMA 2020 (BiblioGETAFE, 2020), cuyo propósito es garantizar que los artículos incluidos sean revisados bajo criterios explícitos y pertinentes. Una vez se realizó el proceso de selección de las investigaciones se procedió a determinar las fases de identificación, cribado e inclusión de los artículos, por medio de Diagrama de Flujo PRISMA (Figura 1) que detalla la inclusión y exclusión de cada artículo de investigación.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA de búsqueda sistemática y selección de estudios.



Finalmente fueron seleccionadas 30 investigaciones, las cuales pasaron a una revisión de texto completo, a través del análisis de las reseñas de cada artículo seleccionado, haciendo énfasis en las categorías seleccionadas.

3.4 Categorías de análisis

Para el desarrollo del presente estudio, se retomaron algunos de los principales conceptos de las perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales, dado que favorecen un análisis integral de los procesos de intervención implementados en el tratamiento de la DD. A continuación se presentan las categorías.

3.4.1 Tipos de modalidades

Siguiendo a O'Halloran & Smith (2012), la Multimodalidad es un enfoque que incluye múltiples disciplinas de las humanidades y ciencias que examina la comunicación, la representación y la interacción entre individuos y artefactos, donde se crea significado utilizando múltiples medios de manera simultáneamente, los cuales pueden ser imágenes con texto, el habla y gestos. Este enfoque también comprende el análisis de tecnologías humanas como pintura, escritura, grabación de imágenes y sonidos, así como recursos informáticos interactivos en la era contemporánea.

Se entiende por modo/modalidad al conjunto de recursos social y culturalmente configurados para dar significado, creados a través de procesos sociales y situados en un contexto particular (Kress, 2009). Para que un recurso pueda considerarse como

modo/modalidad, el grupo social que lo utiliza debe reconocerlo como tal y compartir un sentido cultural de cómo puede transmitirlo. Por otro lado, el modo/modalidad suele estar estrechamente relacionado con los artefactos, es decir con la mediación material (Lyons, 2015).

De esta manera, el enfoque multimodal reconoce que el uso de distintos recursos para crear significado favorece los procesos de aprendizaje, esto implica identificar las diferencias entre los modos o las modalidades utilizadas en el marco de las intervenciones educativas y/o neuropsicológicas, considerando que estas modalidades pueden estar a un nivel de comunicación (distintos recursos semióticos), interacción (dinámicas relacionales entre los participantes), representación, (palabras, dibujos, símbolos, animaciones, texto en pantalla, video, etc); y modalidades sensoriales (sentido visual, auditivo o táctil).

3.4.2 Rol del Cuerpo en el proceso de intervención

Desde la perspectiva de las Teorías de la cognición corporeizada, el cuerpo es más que un contenedor externo de procesos cognitivos internos, es una parte integral del pensamiento, por lo que es fundamental comprender de qué manera el cuerpo configura la mente (Gallagher 2005; Goldin-Meadow 2003; Oldin-Meadow & Wagner 2005; Streeck 2009 citados en Malafouris, 2013, p.60). En este sentido, se entiende que el cuerpo no es solo una herramienta para manipular lo material, sino que también es uno de los principales canales de interacción a través de los cuales el mundo se interioriza, por ende, el cuerpo influye de manera importante en cómo se percibe y clasifica el entorno. En síntesis, esta idea sugiere que "las propias estructuras en las que se basa la razón surgen de nuestros experimentos sensoriomotores corporales"(Lakoff citado en

Malafouris, 2013, p.60), esto quiere decir que de la interacción del cuerpo con el entorno se producen los procesos cognitivos, y no solo del procesamiento interno.

Teniendo en cuenta este punto de vista, es fundamental considerar el papel que tiene el cuerpo en los procesos de intervención basados en el enfoque Multimodal y/o Multisensorial para capturar los procesos cognitivos involucrados en el entrenamiento de habilidades matemáticas. Así, de la interacción entre lo corporal y el mundo material se pueden vislumbrar los alcances o beneficios que subyacen a las estrategias de intervención que usan diferentes modalidades de representación, comunicación e interacción por múltiples canales sensoriales.

3.4.3 Interacción con el mundo material.

De acuerdo con Malafouris (2013) los procesos cognitivos no solo ocurren en el cerebro, desde el enfoque de la cognición distribuida ocurren también en la mediación entre el cerebro y un artefacto, este planteamiento da lugar a considerar que la unidad de análisis de la cognición debe ir más allá de los individuos, hacia acontecimientos cognitivos más amplios que incluyen interacciones entre personas, artefactos y el espacio.

Por tanto, es preciso reconocer el rol activo de la mediación material, dado que cualquier proceso de representación interna tiene lugar dentro de un contexto material específico, es decir que la acción situada, está determinada no solo por el cuerpo, sino también por las limitaciones y las posibilidades de la realidad material (Malafouris, 2013).

Siguiendo a Hutchins (1995) citado en Malafouris (2013) no es posible una comprensión adecuada del procesamiento mental si se reduce solo a la actividad neuronal o proceso cerebral

interno y se deja de lado el análisis de los factores externos. Por esto, resulta necesario identificar y reconocer el uso de distintos artefactos usados en las propuestas de investigación e intervención revisadas, para enriquecer el análisis de los procesos cognitivos presentes en el fortalecimiento de las habilidades matemáticas de los niños/as con DD.

3.4.4 Efectos en las habilidades matemáticas de los participantes después de la intervención Multimodal y/Multisensorial.

Desde sus inicios se han documentado algunas ventajas del uso del enfoque Multimodal en el contexto escolar, como el beneficio para los estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje, su capacidad para aproximarse mejor a los entornos naturales y la eficacia demostrable a nivel individual en la adquisición de conocimientos de diferentes áreas (Shams & Seitz, 2008). Teniendo en consideración que el uso de diferentes canales de representación, comunicación e interacción pueden promover el aprendizaje de las matemáticas, es necesario identificar los cambios a nivel de los procesos psicológicos básicos (Atención, memoria, lenguaje y funciones ejecutivas) así como evidenciar de qué manera la intervención Multimodal y/o Multisensorial fortaleció habilidades matemáticas como la resolución de problemas, la estimación, cálculo, medición o el razonamiento.

4. Resultados

4.1 Caracterización de las intervenciones en DD

De la revisión realizada a los 30 artículos de intervenciones educativas y neuropsicológicas para el tratamiento de la DD en niños/as (Ver Tabla 1), se encuentra que la mayoría de las investigaciones recuperadas corresponden a estudios con población asiática (13 artículos), en las cuales no se identificó un patrón único de formas de intervención, puesto que en este contexto se evidencia diversidad de artefactos como recursos digitales y físicos para el entrenamiento de matemáticas. Seguido por estudios con población europea (9 artículos), investigaciones con población suramericana (5 artículos) y finalmente estudios con población norteamericana (3 artículos) (Ver Tabla 1). Adicionalmente, dentro de la selección, solo uno de los artículos latinoamericanos corresponde a población colombiana. En términos de la población objeto de las intervenciones, los estudios revisados tienen participantes entre los 6 y 13 años de primaria y primeros grados de secundaria.

En el proceso de análisis de las investigaciones se observaron dos grupos de intervenciones, por un lado, aquellas intervenciones realizadas en contextos educativos y por el otro, intervenciones de corte neuropsicológico realizadas en centros de investigación y/o educativos, laboratorios o institutos de salud. Se identificaron 22 investigaciones centradas en el ámbito educativo y 8 investigaciones orientadas a la perspectiva neuropsicológica (Ver Tabla 1).

Tabla 1*Resumen de artículos seleccionados.*

Referencia	Población	Diseño metodológico	Competencias matemáticas/Procesos cognitivos implicados
Zerafa, E. (2015). Helping Children with Dyscalculia: A Teaching Programme with three Primary School Children. <i>Procedia - Social and Behavioral Sciences</i> , 191, 1178–1182.	3 participantes, (2 niños de 10 años y 1 de 7 años) de Reino Unido.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Estimación, conteo verbal, escritura y lectura de números, unidades, números ordinales, problemas de palabras, traslación y recuerdo de hechos
Lin, V., & Jiar, Y. (2017). Multisensory Instruction for Students With Dyscalculia. <i>China-USA Bus. Rev.</i> , 10(11), 1152-1167.	18 participantes de entre 10 y 12 años de Malasia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Problemas de resta de 0 a 10
Ribeiro, F. S., & Santos, F. H. (2020). Persistent effects of musical training on mathematical skills of children with developmental dyscalculia. <i>Frontiers in psychology</i> , 10, 2888.	22 participantes (18 niños y 4 niñas) entre los 7 y 10 años de Brasil.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Comprensión numérica, recta numérica y cálculo/Memoria de trabajo.
Ávila, et al., (2018). Design of an Augmented Reality Serious Game for Children with Dyscalculia: A Case Study. <i>Technology Trends</i> , 165–175.	18 niños y 22 niñas entre los 7 y los 9 años de Ecuador.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Aritmética básica, orden secuencial y razonamiento matemático/ Funciones ejecutivas, control atencional.
Mutlu & Akgün (2017). The Effects of Computer Assisted Instruction Materials on Approximate Number Skills of Students with Dyscalculia. <i>Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET</i> .	2 niños y 1 niña entre los 7 y 8 años de Turquía.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Conteo, conceptos de valor posicional y suma.
Castro, et al., (2014). Effect of a Virtual Environment on the Development of Mathematical Skills in Children with Dyscalculia. <i>PloS one</i> , 9(7).	26 participantes entre los 7 y 10 años de Brasil.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Identificación de números, secuencias numéricas, comparaciones de números, pares e impares y operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación y división) /Memoria

			visual y espacial, Memoria de trabajo.
Cheng et al., (2020). Short-Term Numerosity Training Promotes Symbolic Arithmetic in Children with Developmental Dyscalculia: The Mediating Role of Visual Form Perception. <i>Developmental science</i> , 23(4).	80 niños de China entre los 7 y 10 años.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Rotación mental, comparación numérica y de cantidades/ Memoria visoespacial.
Chin, K., & Fu, S. (2021). Exploring the Implementation of an Intervention for a Pupil with Mathematical Learning Difficulties: A Case Study. <i>Journal on Mathematics Education</i> , 12(3), 531-546.	1 participante de 7 años de China.	Diseño cualitativo- Estudio de caso único.	Conteo, operaciones matemáticas básicas, comparación de cantidades/Memoria de trabajo.
Sánchez, A., & García, M. (2021). Programa de entrenamiento en potencial de aprendizaje para niños colombianos con dificultades de aprendizaje en Matemáticas. <i>Interdisciplinaria</i> , 38(1), 163-180.	59 participantes, 28 niños y 31 niñas entre los 7 y 10 años de Colombia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Sustracción, adición, resolución de problemas
Kohn et al. (2020). Efficacy of a computer-based learning program in children with developmental dyscalculia. What influences individual responsiveness?. <i>Frontiers in psychology</i> , 11, 1115.	67 participantes, 36 niños y 32 niñas entre los 7-12 años de Italia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1-post2.	Adición y sustracción del 0 al 10, secuencia numérica, cálculo mental
Mutflu, Y., & Akgün, L. (2019). Using Computer for Developing Arithmetical Skills of Students with Mathematics Learning Difficulties. <i>International Journal of Research in Education and Science</i> , 5(1), 237-251.	3 participantes, 2 niños y 1 niña entre los 7 y 9 años de Turquía.	Cuasi experimental Pre-interv-post1- Estudio de caso único.	Conteo y conceptos de valor posicional y pudieron resolver problemas de suma
Miundy, et al. (2019). Evaluation of visual based Augmented Reality (AR) learning application (V-ARA-Dculia) for dyscalculia learners. <i>JOIV: International Journal on Informatics Visualization</i> , 3(4), 343-354.	15 participantes de primaria de Malasia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Operaciones matemáticas básicas /Memoria visual.
Dhingra, et al., (2022). Mathlete: an adaptive assistive technology tool for children with dyscalculia. <i>Disability and Rehabilitation: Assistive Technology</i> , 19(1), 9-15.	40 participantes entre los 6 y 8 años de India.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Conteo, identificación de números, numerosidad, operaciones aritméticas básicas (suma/resta),

			comparaciones de cantidades, problemas escritos, comparación, conceptos relacionados con el tiempo, concepto multiplicación, división, fracciones.
Mohd Syah, et al., (2016). Development of computer play pedagogy intervention for children with low conceptual understanding in basic mathematics operation using the dyscalculia feature approach. <i>Interactive Learning Environments</i> , 24(7), 1477-1496.	50 participantes de primaria de Malasia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Operaciones básicas, mejoría en la manipulación en la orientación numérica, comparación de cantidades /Memoria.
Re, et al., (2014). Response to Specific Training for Students With Different Levels of mathematical difficulties. <i>Exceptional Children</i> , 80(3), 337-352.	54 participantes entre los 7 y 11 años de Italia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1-post2	Cálculo mental, cálculo escrito, operaciones aritméticas y conocimientos numéricos/ Funciones ejecutivas reversibilidad y flexibilidad cognitiva, memoria.
Powell, et al., (2022). Applying an Individual Word-Problem Intervention to a Small-Group Setting: A Pilot Study's Evidence of Improved Word-Problem Performance for Students Experiencing Mathematics Difficulty. <i>Journal of Learning Disabilities</i> , 55(5), 359-374.	76 participantes de primaria en Estados Unidos.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Resolución de problemas verbales
Swanson, et al., (2014). The effects of Mathematics strategy instruction for children with serious problem-solving difficulties. <i>Exceptional Children</i> , 80(2), 149-168.	193 participantes de primaria en Estados Unidos.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Resolución de problemas /, memoria de trabajo.
Margalef & García (2016). La aplicación de un recurso educativo digital en la dificultad de aprendizaje de la resta: Un estudio de caso. <i>Revista Electrónica Educare</i> , 20(1), 282-303.	1 participante de 10 años.	Diseño cualitativo- Estudio de caso único.	Operaciones matemáticas básicas, resolución de problemas
Re, et al., (2020). Response to a Specific and Digitally Supported Training at Home for Students	57 participantes de 8 años de Italia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Cálculo mental, cálculo escrito, conceptos básicos de número.

With Mathematical Difficulties. <i>Frontiers in Psychology</i> , 11, 2039.			
Käser, et al., (2013). Design and evaluation of the computer-based training program <i>Calcularis</i> for enhancing numerical cognition. <i>Frontiers in Psychology</i> , 4, 489.	32 participantes de primaria en Suiza.	Cuasi experimental Pre-interv-post1-post2.	Sustracción simple y compleja, resolución de problemas, recta numérica / velocidad de procesamiento.
Sai Hoe & Kin Eng (2019). Teaching Number Tracing to At-Risk Dyscalculia Pupil: A Single Case Study in LINUS 2.0 Numeracy Remedial Class in Sandakan, Sabah MALASIA. <i>MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences</i> , 7(3), 11-21.	1 niño de 8 años de Malasia.	Diseño cualitativo- Estudio de caso único.	Operaciones matemáticas básicas
Leh & Jitendra (2012). Effects of Computer-Mediated Versus Teacher-Mediated Instruction on the Mathematical Word Problem-Solving Performance of Third-Grade Students With Mathematical Difficulties. <i>Learning Disability Quarterly</i> , 36(2), 68-79.	25 participantes de Estados Unidos.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Resolución de problemas matemáticos verbales/ Procesos metacognitivos, razonamiento.
Perspectiva neuropsicológica			
Ziadat (2022). Sketchnote and Working Memory to Improve Mathematical Word Problem Solving among Children with Dyscalculia. <i>International Journal of Instruction</i> , 15(1).	60 participantes entre los 7 y los 8 años de Arabia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Resolución de problemas/ Memoria de trabajo.
Layes, et al., (2017). Effectiveness of working memory training among children with dyscalculia: evidence for transfer effects on mathematical achievement—a pilot study. <i>Cognitive processing</i> , 19, 375-385.	28 participantes, 16 niños y 12 niñas de Arabia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Cálculo mental, operaciones matemáticas básicas/Funciones ejecutivas, Memoria de Trabajo.
De Nigris, et al., (2019). Efficacy of neuropsychological rehabilitation on numerical and calculation abilities: A developmental case study. <i>Applied Neuropsychology: Child</i> , 9(3), 271-281.	1 participante de 7 años y 4 meses de Italia.	Cuasi experimental Pre-interv-post1- Estudio de caso único.	Cálculo mental del 0 al 10, comparación de cantidades / Funciones ejecutivas, control inhibitorio.

Lucangeli, et al., (2019). Metacognition and errors: the impact of self-regulatory trainings in children with specific learning disabilities. <i>ZDM Mathematics Education</i> . 51, 577-585.	67 participantes, 36 niños y 32 niñas entre los 7-11 años de Alemania.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Cálculo mental y cálculo escrito / Funciones ejecutivas, Metacognición.
Nazari, et al., (2022). Effectiveness of a process-based executive function intervention on arithmetic knowledge of children with Developmental Dyscalculia. <i>Research in Developmental Disabilities</i> , 127, 104260.	30 participantes entre 8 y 10 años de Irán.	Cuasi experimental Pre-interv-post1-post2.	Operaciones matemáticas básicas / Funciones ejecutivas, Memoria, control inhibitorio.
Castro, et al., (2017). Contribución de los Componentes de la Memoria de Trabajo a la Eficiencia en Aritmética Básica Durante la Edad Escolar. <i>Psykhe</i> (Santiago), 26(2), 1-17.	285 participantes de primaria en Chile.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Comparación de cantidades, conteo y operaciones básicas / Funciones ejecutivas, Memoria de Trabajo y el Ejecutivo central.
Faramarzi & Sadri (2014). The effect of basic neuropsychological interventions on performance of students with dyscalculia. <i>Neuropsychologia i Neuropsychologia/Neuropsychiatry and Neuropsychology</i> , 9(2), 48-54.	30 participantes entre los 8 y 9 años de Irán.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Conceptos matemáticos y operaciones / Atención, funciones ejecutivas a nivel de planificación y organización, memoria de trabajo, habilidades lingüísticas y procesamiento visuoespacial.
Nelwan, et al., (2018). Coaching positively influences the effects of working memory training on visual working memory as well as mathematical ability. <i>Neuropsychologia</i> , 113, 140-149.	48 participantes entre los 9 y 12 años de Holanda.	Cuasi experimental Pre-interv-post1.	Operaciones aritméticas básicas / Memoria de trabajo visual y verbal.

Nota: Elaboración propia basada en la revisión de las investigaciones publicadas entre 2012 y 2022.

Como se muestra en la Tabla 1, la mayoría de las investigaciones desarrollaron una metodología cuantitativa con un diseño cuasi experimental que comprende las siguientes etapas: evaluación previa del rendimiento matemático y/o funciones cognitivas (Pretest), proceso de

intervención/formación/entrenamiento y evaluación final del rendimiento matemático y/o funciones ejecutivas (postest). Este tipo de investigaciones se caracterizan por el estudio del impacto de tratamientos y/o procesos de cambio en situaciones donde los sujetos o unidades de observación han sido asignados de acuerdo con un criterio aleatorio y se cuenta con un grupo experimental y otro control que pueden o no ser equivalentes en cuanto a sus características (Fernández et al., 2014).

Por otro lado, se destacan cuatro investigaciones que desarrollan metodología cuasi experimental con dos etapas de postest, lo que implica una evaluación que considera los posibles cambios en el tiempo de las habilidades matemáticas posteriores al proceso de intervención, de manera que el impacto puede analizarse incluso meses después de la intervención educativa o neuropsicológica (Kohn et al., 2020; Nazari et al., 2022; Re et al., 2014; Käser et al., 2013), lo que da cuenta de un interés en analizar la permanencia de los cambios cognitivos en los niños y niñas con DD. En otro orden, se encontraron un número reducido de estudios de caso único entre los artículos revisados (Chin., & Fu, 2021; Mutflu, & Akgün, 2019; Sai Hoe & Kin Eng, 2019; Margalef & García, 2016; De Nigris, et al., 2019).

Con respecto al diagnóstico de la DD en los estudios, es importante considerar que los criterios de selección de la muestra difieren dependiendo del país y perspectiva educativa o neuropsicológica. En esta línea, existen diferencias entre las investigaciones, en primer lugar, aquellas que desarrollaron un proceso de diagnóstico de la DD más completo, que incluía no sólo la aplicación de pruebas para medir habilidades específicas de rendimiento matemático, sino también una indagación clínica de los antecedentes del participante (Dhingra et al., 2022; Sai

Hoe & Kin Eng, 2019; Ribeiro & Santos, 2020; Ávila et al., 2018; Nelwan et al., 2018). No obstante, se evidencia un patrón en la detección de la DD que comprende el uso de pruebas estandarizadas para cada país, que evalúan el rendimiento escolar en las diferentes competencias matemáticas (Mutlu & Akgun, 2019; Miundy et al., 2019; Castro et al., 2017; Mohd Syah et al., 2016; Faramarzi & Sadri, 2014; Re et al., 2020; Sai Hoe & Kin Eng, 2019). En menor medida, algunos estudios combinan el uso de pruebas estandarizadas con pruebas de dominio general como la Escala de inteligencia de Wechsler para niños (WISC-IV) (Sánchez & García, 2021; Nazari, et al., 2022). También, se identificó el uso del test Dyscalculia Screener que evalúa el sentido numérico, las operaciones aritméticas, el cálculo y el razonamiento matemático (Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Mutlu & Akgün, 2017; Chin & Fu, 2021; Ziadat, 2022). Asimismo, en algunos casos, dichas pruebas de rendimiento o neuropsicológicas, contemplaban entrevistas a padres o maestros de los niños/as con sospecha del trastorno, lo cual nutría el proceso de diagnóstico.

Sumado a lo anterior, se reconoce el uso de otras pruebas que permiten evaluar competencias matemáticas y funciones cognitivas básicas y/o superiores, tales como el test TEDI-MATH (Test para el Diagnóstico de las Competencias Básicas en Matemáticas), Key-Math Diagnostic Assessment, Prueba de Habilidades Matemáticas (TEMA-2), Test de Matrices Progresivas de Raven que mide habilidades de pensamiento abstracto, capacidad para resolver nuevos problemas y razonamiento lógico, AC-MT 11-14 (Evaluación estandarizada de habilidades de cálculo y resolución de problemas), BRIEF (Evaluación de funciones ejecutivas), ABCA (prueba de lectoescritura), WRAT-3 (Prueba de logros de amplio rango) y Basic

Diagnostics of Specific Developmental Disorders in Elementary School Age Children (BUEGA) que mide la inteligencia verbal y no verbal, así como el rendimiento, en lectura, ortografía y aritmética.

Las diferencias encontradas en cuanto a la evaluación de los participantes con DD o Dificultades Matemáticas moderadas o severas, revelan la heterogeneidad en los procesos de diagnóstico, que se presenta no solo en el contexto de la investigación sino también en la práctica clínica. Esto a pesar de que las recomendaciones más extendidas refieren que para la tipificación de la DD es necesario un proceso integral de valoración de los antecedentes familiares, escolares y médicos, para descartar cualquier organicidad, así como determinar la frecuencia de las dificultades en el desarrollo del niño/a, como lo indican los sistemas de clasificación CIE-10 y DSM-5 (Moeller et al., 2012). De acuerdo con Aquil & Ariffin (2020) se deben incorporar métodos cualitativos (manuales diagnósticos, criterios médicos y educativos) así como cuantitativos (medidas de rendimiento matemático y cognitivo) para la identificación de la DD.

Es por esto que, los estudios que apuestan por una evaluación de las fortalezas y debilidades de los diferentes subdominios de las matemáticas, además de la valoración de las funciones cognitivas y la recopilación de información de la historia clínica, podrían garantizar una caracterización más adecuada de la DD, que tenga como resultado una intervención adaptada a las necesidades de los sujetos. Como lo plantea el estudio de Lewis & Fisher (2016) que analiza las últimas décadas de investigación en dificultades matemáticas, existe un desafío metodológico en el estudio de la DD que implica establecer parámetros de detección más claros, en aras de disminuir la variabilidad en los criterios de clasificación, que dejarían de lado

cuestiones como el bajo rendimiento debido a factores no cognitivos. Por tanto, se requiere que las y los investigadores sean más precisos en la identificación de niños/as con DD para aumentar la fiabilidad y validez de los estudios en este campo.

Por otra parte, la tendencia en las investigaciones contemporáneas revisadas indica que las competencias matemáticas que más se entrenan en las intervenciones educativas son aquellas elementales de los primeros años de escolarización, tales como: operaciones matemáticas básicas (Mutlu & Akgün, 2017; Castro et al., 2014; Chin & Fu, 2021; Miundy et al., 2019; Dhingra et al., 2022; Mohd et al., 2016; Re et al., 2014; Margalef & García, 2016; Sai Hoe & Kin Eng, 2019), resolución de problemas (Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Sánchez & García, 2021; Mutlu & Akgun, 2019; Dhingra et al., 2022; Powell et al., 2022; Swanson et al., 2014); Käser et al., 2013; Leh & Jitendra, 2012), conteo (Zerafa, 2015; Mutlu & Akgün, 2017; Chin & Fu, 2021; Mutlu & Akgun, 2019; Dhingra et al., 2022), cálculo (Ribeiro & Santos, 2020; Kohn et al., 2020; Re et al., 2014; Re, et al., 2020) comparación de cantidades (Castro, 2014; Cheng et al., 2020; Chin & Fu, 2021; Dhingra et al., 2022; Mohd et al., 2016) comprensión de la recta numérica (Ribeiro & Santos, 2020; Käser et al., 2013) y valor posicional (Mutlu & Akgün, 2017; Mutlu & Akgun, 2019). Aunque las investigaciones abordan diferentes habilidades matemáticas, a su vez están interrelacionadas con el entrenamiento de funciones cognitivas como la atención, memoria y las funciones ejecutivas de los participantes, aunque los autores no lo mencionen de manera explícita.

Por otro lado, en los estudios de corte neuropsicológico hay una predilección en intervenciones con enfoque directo en la evaluación y fortalecimiento de las funciones ejecutivas

(De Nigris et al., 2019; Nazari et al., 2022; Faramarzi & Sadri, 2014) como la memoria de trabajo (Ziadat, 2022; Layes et al., 2017; Faramarzi & Sadri, 2014; Castro et al., 2017), esto puede deberse a la relación entre las funciones ejecutivas, en especial, la memoria de trabajo verbal y control inhibitorio en el desempeño de las matemáticas. Otras intervenciones neuropsicológicas encontradas se centraron en el entrenamiento de funciones como la autorregulación (Lucangeli et al., 2019; Faramarzi & Sadri, 2014), habilidades visoespaciales (Faramarzi & Sadri, 2014) y una investigación que aborda la memoria de trabajo visual y verbal (Nelwan et al., 2018).

4.1.1 Tipos de Multimodalidad/Multisensorialidad en las intervenciones

En relación con la Multimodalidad, los estudios revisados tanto de orientación educativa o neuropsicológica, mostraron el uso de dos o más modalidades durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, que se expresan en diferentes modos de representación de contenidos matemáticos a través de dibujos, símbolos, animaciones, texto en pantalla y video (Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Ávila et al., 2018; Ziadat, 2022; Mutlu & Akgün, 2017; Castro et al., 2014; Kohn et al., 2020, Lucangeli et al., 2019; Nazari et al., 2022).

Igualmente, son cada vez más las investigaciones que involucran las TIC en el tratamiento de TEA como la DD. Entre los hallazgos se encontraron (21) estudios que hacen uso de la tecnología para el proceso de intervención (Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Ávila et al., 2018; Mutlu & Akgün, 2017; Castro et al., 2014; Cheng, et al., 2020; Layes et al., 2017; De Nigris et al., 2019; Lucangeli et al., 2019; Nazari et al., 2022; Mutlu & Akgun, 2019; Mohd

Syah et al., 2016; Powell et al., 2022; Margalef & García, 2016; Re et al., 2020; Käser et al., 2013; Leh & Jitendra, 2012; Nelwan et al., 2018). En este tipo de intervenciones sobresale el uso del video, como estrategia para la explicación de conceptos numéricos básicos, dado que favorece el ritmo de aprendizaje de cada participante, en la medida en que puede repetirse cuantas veces sea necesario (Dhingra et al., 2022, 2019; Miundy et al., 2019; Castro et al., 2017; Lin & Jiar, 2017).

Por otra parte, se observó el uso de juegos de ordenador diseñados para entrenar competencias matemáticas, así como plataformas interactivas que ofrecen videos y chats entre los participantes como *Catch Up Numeracy*, *Calcularis*, *Athynos*, *I Bambino Contano*, *Mathele*, *Jungle Memory* entre otros. Los hallazgos coinciden con otras revisiones sistemáticas que dan cuenta del uso de diferentes plataformas tecnológicas en el proceso interventivo (Véase Kaufmann & Aster, 2012; Monei & Pedro, 2017; Haberstroh & Schulte-Körne, 2019), demostrando que para la efectividad en la enseñanza de las matemáticas en niños/as con DD, se requiere la implementación de estrategias novedosas que incluyan el uso de distintos canales de recepción de la información como el visual, auditivo y táctil.

De acuerdo con estos hallazgos, se evidencia que este tipo de tecnologías se relacionan fuertemente con las estrategias de aprendizaje multimodales y multisensoriales debido a su capacidad para ofrecer una variedad de estímulos y modalidades de presentación de la información. Las TIC permiten integrar diferentes medios, como texto, imágenes, sonido y video, en un mismo recurso educativo, lo que proporciona múltiples canales para acceder a la información y procesarla de manera más efectiva. Además, las TIC ofrecen la posibilidad de

interactuar con la información de manera activa a través de simulaciones, juegos y actividades interactivas, lo que promueve un aprendizaje inmersivo y significativo.

Frente al uso de múltiples modalidades comunicativas, se encontró que hay prevalencia en estrategias que incorporan el discurso y la interacción entre el instructor y el participante o entre pares, para el entrenamiento de habilidades matemáticas y/o cognitivas. Esto se evidencia en investigaciones como la de Castro et al. (2014) donde se desarrolla un entorno virtual en el que los participantes seleccionan juegos para entrenar la memoria visual y espacial, identificar números, secuencias numéricas, comparación de cantidades y operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación y división) mientras que interactúan con sus compañeros/as por medio de un chat, lo que les permite expresar sus avances, así como generar estrategias de motivación entre unos y otros.

Conviene subrayar que no fueron seleccionados artículos de propuestas de intervención que contemplan a la familia como agente dinamizador del aprendizaje de los niños/as con DD, puesto que los encontrados no cumplían con los criterios de selección de este estudio. Sin embargo, aunque no se hayan incluido estudios con dicha característica, hay estudios referentes al tema que vale la pena mencionar, por ejemplo, la investigación de Val Danilov & Mihailova (2022) exploró la interacción humano-computadora en el proceso de estimulación intencionada en la díada madre-hijo, como un enfoque novedoso para comprender el desarrollo de la aritmética en los niños con DD, con la hipótesis de que los niños podrían percibir más elementos al completar tareas con su madre en comparación con la cantidad de elementos que podrían captar al subitizar cuando trabajan de forma independiente.

De esta manera, se puede entrever que los procesos de intervención revisados se valoran significativamente la interacción entre los niños/as con DD y el instructor, maestro o terapeuta, en un segundo lugar se encuentran investigaciones que consideran relevante la interacción entre pares. A pesar de que a nivel general, los estudios plantean un trabajo personalizado e individualizado, en algunos casos, este tipo de metodología se combina con algunas actividades grupales donde los niños/as pueden desarrollar habilidades cooperativamente, como por ejemplo resolver problemas matemáticos a través de discusiones en el aula y dialogar acerca de sus razonamientos, como se observa en el estudio de Powell et al. (2022) que exploró el impacto de la intervención de grupos pequeños de niño/as con dificultades matemáticas en la resolución de problemas. Este aspecto resulta novedoso en comparación con el tratamiento de otros trastornos del neurodesarrollo como el Trastorno por Déficit Atencional e Hiperactividad TDAH, donde los escenarios de intervención grupal son limitados y se privilegia el escenario familiar para el entrenamiento conductual (Serrano, et al., 2013) o en el caso del Trastorno Específico del aprendizaje de la lectura y escritura (dislexia) donde se recomienda una enseñanza individualizada en los niños/as con esta condición (Snowling, 2012).

Para ilustrar esta consideración, el estudio de Zerafa (2015) muestra cómo la interacción entre el participante y el instructor se consolida como un modo de creación de significado y configuración del proceso de aprendizaje; durante las diferentes fases de la intervención se guía al participante a través de preguntas reflexivas sobre los problemas matemáticos para promover procesos metacognitivos. Igualmente, el estudio de Sai Hoe & Kin Eng (2019) evidencia cómo la interacción entre el niño/a e instructor es fundamental en el tratamiento de la DD, con la técnica

de demostración, en la cual cada nueva temática se introduce a través de afirmaciones y conceptos claves, se induce al participante a razonar y exponer sus puntos de vista por medio de la modalidad oral y discursiva. De esta manera, se evidencia el uso de múltiples modos de comunicación hablados y escritos, además de modos de representación que incluyen palabras y dibujos, así como modalidades sensoriales (visual, auditivo o táctil) para tratar la DD.

Lo anterior coincide con el estudio de Aquil & Ariffin (2020) que expone un análisis de intervenciones pedagógicas en el contexto asiático, mostrando que los procesos de enseñanza y aprendizaje que abordan una instrucción multisensorial con juegos y plataformas basadas en las TIC, como es el caso de tareas que impliquen desplazamiento en pantalla, avatares interactivos que incluyen audio y texto, podrían ayudar a los niños y niñas a aprender y asimilar de una manera más efectiva los conocimientos matemáticos puesto que facilitan la recepción de la información a través de múltiples canales de comunicación e interacción.

En este mismo sentido, en las investigaciones de DD actuales se valora de manera importante la motivación asociada al uso de los juegos y plataformas virtuales (Ávila et al., 2018), puesto que favorecen experiencias de aprendizaje que disminuyen la posible ansiedad causada en la interacción docente - alumno (Kriti et al., 2022). Además, se considera que el uso de juegos en el aprendizaje de las matemáticas ayuda a disminuir la presión de estar en un escenario de enseñanza y ofrecen a los niños/as con dificultades severas en matemáticas, la posibilidad de visualizar sus aciertos, de manera que tendría un impacto positivo en su autoeficacia (Aquil & Ariffin, 2020).

Los juegos implementados en las intervenciones podrían clasificarse en dos grupos: *Juegos reales* (con materiales concretos) o *Juegos matemáticos* (entorno virtual), cada uno con diferentes posibilidades de interacción y retroalimentación (Aquil & Ariffin, 2020). Por un lado, los juegos reales, como el dominó ayudan a promover la interacción social, los participantes pueden decidir a qué nivel jugar y realizar tareas de emparejamiento y conteo (Véase Chin & Fu, 2021). Por otro lado, los juegos virtuales de matemáticas facilitan el entrenamiento en habilidades concretas porque posibilitan la repetición, repaso e identificación de errores. No obstante, estudios como el de Ávila et al. (2018), plantean la combinación de ambos tipos de juegos, uso de fichas de dominó y juegos virtuales, con el grupo de control (*Juegos reales*) y con el grupo experimental (*Juegos matemáticos virtuales*), mostrando mejores resultados en aquellos que habían utilizado el entorno virtual.

Adicionalmente, es importante destacar estrategias Multimodales y Multisensoriales como los entornos de Realidad Aumentada (RA) y los Juegos Serios de Realidad Aumentada (SGRA), tecnologías emergentes que ofrecen experiencias de percepción del mundo real, en tiempo real, animando a sus usuarios a enfrentarse a entornos ficticios para resolver retos matemáticos, ofreciéndoles una retroalimentación oportuna que se ajusta a las necesidades (Véase Miundy et al., 2019; Ávila et al., 2018). Este tipo de estrategias recrean el mundo físico en juegos virtuales en un contexto lúdico, favoreciendo el uso de modalidades de representación simbólica, comunicativas e interactivas. Este es el caso de la investigación de Ávila et al., (2018) en el cual se abordó la asimilación de conceptos aritméticos mediante la experimentación basada en movimientos físicos con el uso de una interfaz, a través del trabajo con elementos virtuales en

un contexto escolar; como resultado de ello, se promovió la interacción espontánea de los participantes y los animó a interesarse en actividades de resolución de problemas matemáticos.

De esta manera se observó que las tendencias en la intervención en DD transitan a pedagogías que involucran modalidades interactivas entre sujetos y plataformas tecnológicas. En consonancia con lo planteado por Tamayo et al. (2019) se está experimentando un cambio de métodos reproductivos y memorísticos propios de estrategias tradicionales de enseñanza-aprendizaje, hacia técnicas que incorporan las nuevas tecnologías como el video, juegos virtuales y plataformas digitales.

Los hallazgos corresponden con las tendencias que indican que los métodos denominados modernos de enseñanza- aprendizaje se han extendido en los procesos educativos. Se denominan métodos interactivos aquellos que proporcionan una experiencia en el uso de tecnologías pedagógicas que podrían mejorar la eficacia del proceso educativo. Los métodos interactivos de enseñanza- aprendizaje se encuentran entre los más utilizados en todo tipo de condiciones clínicas. Este tipo de métodos interactivos se caracterizan por la implicación continua del participante en el proceso de aprendizaje, el desglose del contenido en fragmentos cortos, utilizando técnicas como el trabajo en pequeños grupos, el debate, la resolución de problemas, el texto de referencia, el proyecto, el juego de rol y el fomento a que los alumnos realicen ejercicios prácticos de forma independiente (Arutyunov Yu.S et al. 1983, citado en Shakhnoza & Karimova 2021). De acuerdo con Volpe & Gori (2019) las tecnologías multisensoriales son ideales para apoyar eficazmente este enfoque pedagógico, ya que

representan una gran oportunidad para diseñar tecnologías que se basen en evidencia científica sólida y se adapten a las necesidades reales de profesores y estudiantes.

Lo anterior se relaciona con lo planteado por Anisimova & Krasnova, (2015), quienes señalan que las nuevas tendencias en educación plantean los beneficios que conlleva el uso de tecnologías interactivas, pues fomentan la implicación de los alumnos en el proceso educativo, el aprendizaje de nuevo material no como oyentes pasivos sino como participantes activos, el desarrollo de la capacidad de análisis y del pensamiento crítico, así como el aumento de la motivación para estudiar una disciplina. En esta línea, el estudio del uso de dispositivos de pantalla se convierte en un recurso fundamental para el proceso de producción de conocimiento matemático (Rosa et al., 2018), entendiendo que dicha herramienta debe incluir softwares dinámicos, con interacción activa y permanente del participante, en tareas que le sean desafiantes y aumenten en dificultad según sus necesidades.

No obstante, cabe considerar que no todas las tecnologías que se utilizan en los procesos de enseñanza de las matemáticas en el tratamiento de la DD son interactivas, algunas de las tecnologías que se han descrito, aunque ofrecen múltiples posibilidades de aprendizaje, en la práctica se utilizan solo como medios de transmisión de información. Incluso se ha sugerido que su objetivo es reemplazar la interacción con un maestro/instructor, perspectiva que se puede vislumbrar en la investigación de Mohd Syah et al. (2016): “El juego de computadora puede verse como un libro de texto o un maestro que interactúa con los estudiantes para transmitir los conceptos relacionados con los temas de estudio (...) se utilizaron voces, sonidos e imágenes en movimiento además de instrucciones escritas” (p. 4). En contraposición, el estudio de Mutlu &

Akgun (2019) plantea una postura que difiere de esta perspectiva, para estos investigadores la instrucción asistida por computadora juega un papel importante en las intervenciones matemáticas pero no reemplazará la interacción con un maestro/a que permite el despliegue de múltiples formas de comunicación.

Siguiendo a Rosa et al., (2018), los seres humanos (re)crean herramientas que, a su vez, modifican las actividades humanas, por lo que surge la importancia de reflexionar sobre el desarrollo de los recursos digitales, así como las metodologías de desarrollo, puesto que se debe avanzar hacia una concepción de la educación que considera las tecnologías digitales como transformadoras y potenciadoras de la producción de conocimiento matemático, y no como auxiliares de este proceso.

4.1.2 El rol del cuerpo y la interacción con el mundo material

Del análisis de las intervenciones en DD contemporáneas revisadas se encuentra que en la mayoría de las investigaciones no hay un reconocimiento explícito del rol del cuerpo en los procesos de aprendizaje de las matemáticas. Sin embargo, en las diferentes actividades que proponen los estudios, ya sean educativos o neuropsicológicos, hay un papel del cuerpo en el entrenamiento de habilidades matemáticas. Por ejemplo, el estudio de Zerafa (2015) incorpora movimientos corporales como saltar entre números hechos en papel que se encuentran en el suelo, mientras se expresa oralmente la secuencia, además de manipulación de objetos concretos con las manos. Por otra parte, el estudio de Chin & Fu (2021) planteó el uso de los dedos sobre harina para entrenar la escritura de los números del 1 al 10.

En contraste, el estudio de Ribeiro & Santos (2020), plantea de manera explícita la relación de las teorías de la Ciencia cognitiva "*4E*" *Embodied, Embedded, Extended y Enactive* con el proceso de intervención, dado que incorporan ejercicios de aproximación musical que implican palmadas, habla, canto, percusiones corporales, sonidos y seguimiento de movimientos con habilidades numéricas. Según los autores hay una correlación entre los procesos neuronales, corporales y ambientales. De hecho, los investigadores conciben los resultados de un mejor desempeño matemático en la post-prueba debido al entrenamiento musical. A través del uso de múltiples canales de comunicación, interacción y representación fue posible que los participantes mejoraran en tareas que implican a la memoria de trabajo (recuerdo de dígitos), comprensión numérica y recta numérica. Esto puede estar relacionado con las actividades realizadas, las cuales tenían un contenido de representación de símbolos predominante, que otorgaron una base para que los participantes accedieran a la representación simbólica de los números. Igualmente, habilidades como el cálculo pueden estar relacionadas con las tareas musicales que comprenden repetir patrones de percusión con las palmas y objetos, así como el reconocimiento de timbres y notas musicales.

Adicionalmente, otras investigaciones como el estudio de Kohn et al. (2020) reconocen la relevancia de la interacción del cuerpo con manipulativos para fortalecer habilidades matemáticas, lo cual puede observarse en actividades caracterizadas por el uso concreto de las manos y por el empleo de imágenes que representaban las distintas cantidades expresadas con los dedos, realizando tareas de subitización (capacidad de distinguir con rapidez y precisión una cantidad), juicio de numerosidad y realización de seriaciones. Esto coincide con lo planteado por

Tolmie et al. (2013), quienes refieren que variedad de culturas tienen formas de representar la numerosidad en términos de partes del cuerpo, pues se cuenta y se muestran los números en los dedos porque universalmente los dedos son conjuntos manejables.

Sumado a lo anterior, en el estudio de Faramarzi & Sadri (2014) se incluyeron movimientos corporales al finalizar las sesiones de tratamiento, con el objetivo de entrenar habilidades visoespaciales, se usó la intervención con bolos para reforzar la atención de los participantes, el juego del hula y un neumático para reforzar la percepción espacial, de manera que hubo un reconocimiento directo de la relación entre las habilidades espaciales y el uso del cuerpo para entrenarlas.

Sin embargo se identifica que, aunque en varios de los estudios para el tratamiento de la DD revisados, se hace referencia al uso de diferentes sentidos y estrategias de presentación de los hechos numéricos (Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Mutlu & Akgun, 2019; Miundy et al., 2019; Castro et al., 2017; Mohd Syah et al., 2016), no se plantean análisis contundentes que manifiesten la relación entre la interacción del cuerpo y los artefactos, ya sean físicos o digitales, como elementos que hacen parte del proceso cognitivo.

Lo anterior sugiere que en la investigación actual se le otorga más relevancia al rol de los objetos y el uso de los mismos que a la interacción del cuerpo con estos. No obstante, aunque los procesos de manipulación del material educativo llevan implícito el uso de los sentidos y del cuerpo para el aprendizaje de diferentes habilidades, considerando el marco de referencia de la Cognición Corporeizada (Malafouris, 2013) hay una diferencia entre aquellas intervenciones que

proponen que el conocimiento puede estar embebido en el cuerpo. Por ejemplo, en tareas que implican el conteo, la investigación de Chin & Fu (2021) muestra el uso de las manos para contar los puntos de las cartas de dominó, utilizando la estrategia de apuntar para contar. En este estudio, el valor a la implicación del cuerpo en el proceso de aprendizaje se destaca más desde aspectos afectivos, como lo manifestó la maestra que participó en la investigación "Le encanta que el profesor le toque la mano, se siente valorado y querido. Creo que esta parte es la más diferente de otras estrategias de enseñanza. Aprendí y sentí que este paso es muy motivador" (p. 541).

A pesar del escaso análisis del rol del cuerpo en los estudios, de manera indirecta se evidencia la emergencia de las teorías de cognición que plantean que los símbolos y expresiones matemáticas adquieren significado a través de su arraigo en los sistemas perceptivos y motores del cuerpo (Lakoff & Núñez, 2000). Este punto de vista es coherente con los hallazgos de los estudios actuales sobre el tratamiento de DD, donde la educación matemática se basa en la manipulación del cuerpo con artefactos físicos y digitales (Tolmie et al., 2013). Tomando esto en consideración, es preciso destacar la necesidad de extraer al cuerpo de esa marginación en el análisis del impacto de las intervenciones, pues siguiendo las teorías de cognición corporeizada, la mente no es algo que se tiene sino que se configura en la acción conjunta y el cuerpo constituye parte de la cognición, porque hay una unidad entre el sistema cuerpo/artefactos/ambiente (Radford, 2014; Malafouris, 2013).

Por otro lado, cabe resaltar que se identifican diferencias entre estudios que involucran el uso de materiales concretos versus el uso de herramientas digitales con respecto al uso del

cuerpo. En los primeros, el cuerpo se concibe como un medio para manipular los artefactos y así lograr el aprendizaje. En los segundos, el cuerpo tiene un rol menos reconocido, puesto que el uso de las TIC se vuelve protagónico y se hace escasa referencia a la posibilidad de interacción entre el cuerpo y el ordenador, mouse o joystick.

Con respecto al uso de artefactos en los procesos de intervención para tratar la DD, se encontraron tres tendencias, estudios que utilizan manipulativos, investigaciones que usan ordenadores y propuestas que utilizan ambas estrategias. En el primer grupo, se destacan artefactos como libretas de apuntes para graficar (Ziadat, 2022) fichas de dominó y pepitas para la representación de cantidades (Chin & Fu, 2021) canicas (Sánchez & García, 2021) tableros con imágenes (Re et al., 2014), tarjetas para subrayar (Swanson et al., 2014) y tablas de madera con harina (Sai Hoe & Kin Eng, 2019). Esto coincide con enfoques generales de educación infantil que exponen la necesidad de que los niños utilicen primero los manipulativos para favorecer la apropiación inicial de los nuevos conceptos matemáticos antes de introducirlos a los aspectos simbólicos, dado que los seres humanos también piensan en el número de una forma más materializada (Tolmie et al., 2013).

En el segundo grupo, se destacan investigaciones que diseñaron o utilizaron juegos de software ya existentes (Mutlu & Akgün, 2017; Castro et al., 2014; Cheng et al., 2020; Mutlu & Akgun, 2019; Miundy et al., 2019; Dhingra et al., 2022; Mohd Syah et al., 2016; Käser et al., 2013; Nelwan et al., 2018). En tercer lugar, estudios que incorporan manipulativos como fichas, tarjetas, cubos, entre otros (Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Ávila et al., 2018; Kohn et al., 2020; Layes et al., 2017; De Nigris et al., 2019; Lucangeli et al., 2019; Nazari et al., 2022; Castro et al.,

2017; Faramarzi & Sadri, 2014; Re et al., 2020; Margalef & García, 2016; Leh & Jitendra, 2012) y una investigación que utilizó artefactos de audio y grabación (Ribeiro & Santos, 2020).

Dicho de otra manera, es posible establecer un patrón en las investigaciones revisadas que evidencia la importancia de los artefactos, ya sean físicos o digitales; se conciben como elementos cruciales para la eficacia de una intervención en DD, puesto que se considera que los efectos favorables en el desempeño matemático de los niños/as con DD son el resultado del uso del computador y los manipulativos en procesos de intervención intensivos y estructurados. Así lo expone el estudio de Mutlu & Akgun (2019) que plantea que el aprendizaje de conceptos abstractos se facilita con intervenciones basadas en tecnología.

Estos hallazgos plantean la necesidad de reconocer el rol dinámico del cuerpo, los artefactos y el ambiente como elementos de un solo sistema, que permiten el despliegue de procesos cognitivos. De acuerdo con las Teorías de cognición corporeizada, la mente se encuentra en sistemas extendidos de cuerpo, cerebro y ambiente (Malafouris, 2013). Esta perspectiva difiere de la visión cognitivista que concibe las representaciones internas en la mente abstracta, dado que hay una relación dinámica entre artefactos y personas, creando sistemas enmarcados en la cultura que se entrelazan y retroalimentan, de manera que el conocimiento no reside en un solo lugar, está distribuido en un sistema que comprende pares, individuos, instructores y herramientas suministradas por la cultura (Tran et al., 2017).

Estas observaciones apuntan a que las investigaciones futuras tienen el desafío de reconocer tanto la participación del cuerpo como de los objetos en los procesos cognitivos, ya

que el cuerpo va más allá del esquema sensorial y los objetos son algo más que herramientas mediadoras. Bajo esta premisa, se podrían generar procesos de aprendizaje cada vez más integrativos, que planteen una visión holística de la cognición, donde la interacción entre humanos, artefactos y ambiente supere enfoques educativos tradicionales. Esta perspectiva implica analizar, por ejemplo, el papel del dibujo, no solo como una representación gráfica de la memoria sino como una forma de poner en juego habilidades funcionales para hacer el trabajo de la memoria, en un proceso de reorganización del pensamiento, no es a través del dibujo sino en el dibujo que se propiciaría la cognición (Malafouris, 2013).

En síntesis, el objetivo “no es ofrecer una idea de cómo enseñar a aprender, sino una comprensión cultural e histórica, dialéctica y materialista de los sentidos, las sensaciones y los mundos materiales y conceptuales que puede llevarnos a replantear la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas” (Radford, 2014, p. 360), esto plantea la existencia de nuevas posibilidades de comprender el papel del cuerpo y la materialidad en el desarrollo de habilidades matemáticas, desde una aproximación a las teorías de la cognición corporeizada,

4.1.3 Efectos en las habilidades matemáticas de los participantes después de la intervención Multimodal- Multisensorial.

De acuerdo con la revisión de los artículos seleccionados, se encontró que a nivel general se presentaron cambios favorables en el desempeño de las matemáticas posterior a la intervención educativa o neuropsicológica desarrollada. No obstante, es clave la identificación de los factores que dan cuenta de estos efectos positivos en los participantes con DD. Por un lado,

algunas investigaciones exponen una disminución en el tiempo de respuesta en tareas de cálculo escrito de los niños y niñas, como resultado de procesos de intervención en los cuales se utilizan herramientas digitales como programas de software que involucran animaciones, visualización de números arábigos y operaciones matemáticas básicas en pantalla (Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Cheng et al., 2020).

En esta misma línea, el uso de la Realidad Virtual sobresale como forma innovadora de intervención que produce cambios en diferentes competencias matemáticas. Dada su naturaleza interactiva y dinámica, la Realidad Virtual permite una participación activa de los niños y niñas con DD a la vez que se estimulan diferentes funciones cognitivas. Por ejemplo, en el estudio de Ávila et al., (2018) se abordaron habilidades como la aritmética básica, orden secuencial y razonamiento matemático, utilizando la experimentación con movimientos físicos en la pantalla del ordenador y usando elementos virtuales de entornos escolares reales, de manera que los participantes podían interactuar con objetos del programa e identificar la correspondencia entre números y cantidades. Por medio de este tipo de tareas, los autores concluyen cambios en la coordinación motora, rapidez de reflejos y equilibrio, expresión oral, potenciación de la atención, concentración, capacidad de memoria y gestión del tiempo en ejercicios posteriores que involucran operaciones matemáticas básicas y orden secuencial.

Adicionalmente, la investigación de Miundy et al. (2019) destaca lo novedoso de la Realidad virtual Aumentada en los procesos de aprendizaje, dado que tiene un potencial mayor de estimulación de procesos asociativos a nivel cognitivo, gracias a la integración de información sensorial visual, espacial, verbal, propioceptiva y táctil, en comparación con estrategias de

enseñanza más pasivas. De ahí que para los autores, un mejor desempeño matemático en niños y niñas con DD es el resultado del uso de diversos canales de memoria que superan otras formas actuales de instrucción, ya que facilitan la codificación y retención de información en la memoria a largo plazo.

Por otra parte, se evidenció que formas alternativas de intervención que no involucran el uso de ordenadores, pero que utilizan el cuerpo y modalidades sensoriales en el entrenamiento de las matemáticas, también pueden generar cambios positivos en competencias matemáticas como el conteo verbal. Este es el caso del estudio de Ribeiro & Santos (2020) en el cual el entrenamiento musical con tareas que implican repetición de patrones de percusión con partes del cuerpo, favoreció el acceso a la representación simbólica de los números. Dicho hallazgo muestra la posibilidad de generar efectos favorables en niños y niñas con DD incluso en contextos donde no se cuenta con recursos tecnológicos como ordenadores, programas de software, entre otros.

Asimismo, otras formas de intervención en las cuales solo se utilizan artefactos físicos, proporcionan cambios positivos en el desempeño de las matemáticas de los niños y niñas con DD, aunque tales efectos podrían considerarse más limitados, pues suelen enfocarse en una, dos o máximo tres habilidades matemáticas. Esto se puede observar en estudios como los de Lin & Jiar (2017) donde se entrenaron solo problemas de resta; Chin & Fu (2021) donde se implementaron ejercicios de conteo, operaciones matemáticas básicas y comparación de cantidades por medio de fichas de dominó y Sánchez & García (2021) que desarrollaron tareas por medio de

canicas, entre otros materiales, para entrenar la adición y sustracción, así como la resolución de problemas.

En contraste, aunque algunas investigaciones tienen un enfoque basado en el uso de artefactos físicos, logran estructurar tareas matemáticas que integran diferentes habilidades cognitivas. Por lo tanto, se infiere que los cambios en el desempeño de las matemáticas no solo dependen del tipo de artefacto que se utilice, ya sea físico, digital o ambos, sino que también es fundamental que el diseño de las tareas presente mayores oportunidades de aprendizaje e interacción. Por ejemplo, la investigación de Ziadat (2022) demostró que el uso de una estrategia visual (Sketchnote) que requiere que los participantes realicen esquemas figurativos, favorece la representación simbólica, fortalece las habilidades visoespaciales, procesamiento simbólico, percepción visual y la cognición matemática, de manera que con el uso de una libreta y un lápiz se facilitaba la resolución de problemas matemáticos en pruebas de posteriores.

5. Criterios para la intervención en Discalculia desde enfoques Multimodales y/o Multisensoriales

De acuerdo con el análisis y los hallazgos de las propuestas de intervención revisadas en este estudio, se han diseñado una serie de consideraciones para el desarrollo de estrategias educativas y/o neuropsicológicas que busquen fortalecer las habilidades matemáticas en niños y niñas con DD. Adicionalmente, estas ideas se conciben desde el marco teórico descrito de las Teorías de Cognición Corporeizada y las perspectivas de la Multimodalidad y/o Multisensorialidad que tienen como base las ciencias cognitivas contemporáneas.

En primer lugar, es fundamental tener en cuenta los actores y escenarios que participan en el proceso de intervención. Los estudios revisados mostraron que la mayoría de los entornos utilizados para la investigación y tratamiento de la DD son las aulas escolares y el contexto clínico (Véase Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Ribeiro & Santos, 2020; Ávila, 2018; Mutlu & Akgün, 2017; Castro et al., 2014; Cheng et al., 2020; Chin & Fu, 2021), excepto un estudio que contempla algunas fases de la intervención desde casa, pero del cual, no se evidencia una implicación activa de la familia de los participantes en las actividades de aprendizaje (Re et al., 2020). De esta manera, es posible inferir que se ha invisibilizado el papel de la familia/cuidadores como grupo social más cercano a los niños/as con DD. Por lo tanto, se sugiere explorar el potencial de tener en cuenta a la familia en las actividades de entrenamiento, puesto que es un espacio de socialización primario y la interacción con personas con las cuales se tiene un vínculo tan cercano, podría propiciar que los aprendizajes de las matemáticas se trasladen a contextos de la vida cotidiana.

Este hallazgo difiere de otras investigaciones en rehabilitación neuropsicológica que indican que el proceso de tratamiento de los TEA debe involucrar la ejecución de ejercicios sistemáticos y acordes a las necesidades de los niños/as, además del entrenamiento y asesoría a la familia. Por ejemplo, la investigación de Potter (2023) aborda el tratamiento de la Dislexia, Disgrafía y Discalculia en un estudio de caso, mostrando efectos positivos de la participación de la familia en el proceso de intervención; a través del refuerzo por parte de los padres, el participante utilizó los recursos aprendidos en la consulta en el contexto familiar, lo cual podría facilitar que los cambios cognitivos que resultan del tratamiento fueran más estables en el tiempo.

En esta misma línea, el potencial del escenario del hogar como espacio de tratamiento de la DD no solo se limita a la participación de la familia/cuidadores en los procesos de refuerzo o entrenamiento, desde este escenario se podrían explorar actividades de resolución de problemas matemáticos asociados a situaciones de la vida diaria, así como fomentar el empleo de artefactos físicos y digitales de uso frecuente como el reloj, utensilios de cocina, libros de cuentos, electrodomésticos, entre otros, que involucren competencias matemáticas de diverso nivel, lo cual estaría en consonancia con las perspectivas de la cognición extendida (Malafouris, 2013) donde el aprendizaje es el resultado de la interacción del cuerpo con los artefactos físicos en un contexto situado y no solo el producto de procesos mentales. Desde esta noción, se entiende que la actividad de los niños/as no es solo escolar; la práctica de las competencias matemáticas puede ir más allá del contexto académico, considerando que las matemáticas son necesarias en distintos contextos de la vida.

En segundo lugar, en las propuestas de intervención revisadas se encontró una característica fundamental que los investigadores destacan, este se refiere a la estructura del proceso de intervención, es decir de la importancia de considerar factores como la periodicidad del tratamiento, los objetivos, el nivel de dificultad de las actividades y la naturaleza de los ejercicios matemáticos empleados. Siguiendo a Serra-Grabulosa (2014) es necesario que los procesos de rehabilitación se diseñen en función de las necesidades específicas del niño/a, de manera que en su abordaje se establezcan objetivos a corto plazo, mediano y largo plazo. Esto implica privilegiar los procesos de participación activa de los niños/as con DD en las intervenciones, puesto que promueven la construcción de significados y consolidación de aprendizajes, ya que tener en cuenta sus experiencias y conocimientos previos puede propiciar una comprensión más profunda y no superficial de las temáticas (Benedicto y Rodríguez, 2019).

Asimismo, las tendencias de los estudios actuales para el tratamiento de DD, recomiendan que los procesos de intervención sean mínimo dos sesiones por semana (Benedicto y Rodríguez, 2019), esto con el propósito de realizar un proceso sistemático que permita obtener mejores desempeños en las habilidades que se desean entrenar. En términos del nivel de dificultad de las actividades, de acuerdo con Jensen (2004) el proceso de aprendizaje se favorece cuando al niño/a se le presentan retos en un entorno desafiante, como es el caso de los ejercicios de resolución de problemas que pueden combinar procesos metacognitivos, memoria de trabajo y diferentes competencias matemáticas como operaciones aritméticas básicas, razonamiento y comparación de cantidades. Esta estrategia permite la apropiación de conocimientos que van desde lo simple hasta lo complejo, considerando el análisis de los conceptos básicos de las

matemáticas hasta el entrenamiento en operaciones aritméticas que implican la unión de varios conocimientos.

Por otro lado, se destaca la relevancia de la selección del material concreto y los recursos digitales que hacen parte de una intervención multimodal y/o multisensorial. Por un lado, el material concreto tiene la posibilidad de generar experiencias sensoriales prácticas, representar modelos por medio de imágenes y facilitar la abstracción utilizando sistemas de símbolos. Así, los materiales concretos pueden proporcionar representaciones tangibles de los problemas de palabras, ayudar a los niños/as a experimentar un concepto visualmente y les ofrecen una forma práctica de evaluar y confirmar su razonamiento. Por ello, los materiales concretos pueden apoyar el desarrollo del sentido y la comprensión de los números en la DD (Hornigold, 2015). No obstante, los objetos físicos por sí mismos no generarán los cambios favorables en las habilidades matemáticas de los niños con DD, de ello dependen las oportunidades de interacción y de retroalimentación del proceso con el objeto físico y su función en la tarea matemática desarrollada.

Desde el punto de vista de la cognición corporeizada (Malafouris, 2013), es importante considerar que hay un vínculo entre el uso del material concreto y el rol del cuerpo, puesto que ambos crean un sistema que se interrelaciona con el contexto y los significados de la cultura. De esta manera, cuando existe la posibilidad de interacción con materiales prácticos se puede favorecer un escenario de conocimiento embebido del cuerpo, en la medida que las tareas propuestas permitan procesos dinámicos de interacción entre el artefacto y el participante, así como el despliegue de múltiples formas de comunicación y representación.

Respecto a los recursos digitales, es fundamental considerar el diseño de los juegos de software, esto quiere decir que se debe considerar que la interfaz esté centrada en el niño/a, se ha documentado de las ventajas que tienen aquellos juegos digitales que contemplan los intereses y capacidades de los participantes (Véase Lin & Jiar, 2017; Ávila et al., 2018; Castro et al., 2014; Cheng et al., 2020; Layes et al., 2017; De Nigris et al., 2019; Lucangeli et al., 2019; Nazari et al., 2022; Mutlu & Akgu). Como lo plantea el estudio de Miundy et al., (2019) un elemento relevante para los niños/as con DD es que realmente exista un interés por interactuar con la aplicación (Web o plataforma digital) y que dicha interacción se facilite por una interfaz de usuario que sea amigable e intuitiva, en función de sus capacidades y características. Adicionalmente, como lo informa el estudio de Aquil & Ariffin (2020) es preciso considerar que las intervenciones que hagan uso de las TIC desarrollen recursos visuales atractivos, así como herramientas de retroalimentación de los errores y aciertos.

Para finalizar, otra recomendación derivada de los resultados es que las propuestas de intervención futuras contemplen el uso del cuerpo, no solo como un elemento implícito en la interacción con los artefactos, ya sean físicos o digitales, sino como parte del proceso de cognición, es decir que, en las tareas diseñadas para población con DD, se contemplen actividades que impliquen los dedos, las palmas, las piernas, así como los diferentes sentidos del tacto, visual y auditivo. Desde las perspectivas de Malafouris (2013) y Radford (2014) la cognición humana puede entenderse como un sistema multimodal, cultural e históricamente constituido. Por lo tanto, es esencial reconocer el papel crucial del cuerpo, el gesto y el entorno como parte integral del conocimiento. Por ejemplo, diseñar tareas de conteo, resolución de

problemas y operaciones aritméticas básicas que combinen modalidades del habla, movimientos corporales, símbolos, figuras, imágenes, texto y vídeo donde haya una implicación activa entre el cuerpo, los artefactos y el contexto.

5.1 Conclusiones

El objetivo de este estudio fue examinar el alcance y la pertinencia de intervenciones educativas y/o neuropsicológicas contemporáneas a partir de perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales para tratar la DD en niños/as, así como ofrecer criterios para la intervención de esta condición. Para lograr este cometido, se identificaron y caracterizaron estudios de diferentes países, de los cuales se seleccionaron un total de 30 investigaciones publicadas entre 2012 y 2022 en idioma inglés y español, cuyos participantes fueron niños y niñas de los 6 a 13 años, en los cuales la intervención involucró el uso de dos o más modalidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje, además se retomaron estudios que consideraban una evaluación neuropsicológica o de habilidades matemáticas previas a los participantes y se excluyeron estudios con participantes que presentaran discapacidad intelectual, Trastornos de aprendizaje o neurodesarrollo y Trastornos psiquiátricos.

En cuanto al alcance de las intervenciones educativas y/o neuropsicológicas contemporáneas para tratar la DD, se encuentra que la mayoría de las investigaciones tienen un alcance limitado, es decir que la cantidad de habilidades matemáticas y procesos cognitivos que se abordan son reducidos, puesto que la tendencia muestra intervenciones que privilegian el entrenamiento intensivo en dos o tres competencias matemáticas básicas o una función cognitiva

(como por ejemplo la memoria de trabajo) en vez de procesos más abarcadores que incluyan competencias matemáticas más allá de las básicas. Algunas de las habilidades matemáticas más entrenadas son las operaciones matemáticas, resolución de problemas, conteo verbal, cálculo mental y escrito, comparación de cantidades y en menor medida la comprensión de la recta numérica y el valor posicional. Por otro lado, en los estudios de corte neuropsicológico hay una marcada tendencia a intervenciones con enfoque en el fortalecimiento de las funciones ejecutivas como la memoria de trabajo. Un ejemplo de esto, es el estudio de Chin & Fu (2021) que desarrolló una estrategia de aprendizaje de reconexión a través de la demostración, mediación y aprendizaje activo donde se entrenó el conteo del 1 al 10 en un niño con DD.

Cabe resaltar que, en el análisis del alcance de las investigaciones, se encontró que los estudios actuales revisados no contemplan los diferentes niveles de la DD (*leve, moderado o severo*) en sus intervenciones. A pesar de que los manuales diagnósticos como el DSM-5 (2014) indican claramente la importancia de distinguir estos perfiles para un diagnóstico preciso, muchos estudios parecen no considerar esta recomendación. Esta falta de atención a la variabilidad en la presentación y gravedad de la DD podría tener consecuencias significativas en la efectividad de las intervenciones. Sin una comprensión clara de las diferencias entre los diferentes niveles de severidad, es posible que las estrategias de intervención no sean lo suficientemente específicas ni adaptadas a las necesidades individuales de cada paciente. Por lo tanto, es fundamental que la investigación futura aborde esta cuestión y se enfoque en examinar las intervenciones más efectivas para cada nivel de gravedad de la DD, con el objetivo de mejorar los resultados y la calidad de vida de quienes la padecen.

Respecto a la pertinencia de las intervenciones educativas y/o neuropsicológicas contemporáneas para tratar la DD, se encuentra que hay efectos significativos en el desempeño de las matemáticas con el uso de diferentes modalidades de intervención, por un lado, las estrategias que utilizan herramientas digitales como juegos que involucran animaciones, visualización de números arábigos y operaciones matemáticas básicas en pantalla (Véase Zerafa, 2015; Lin & Jiar, 2017; Cheng et al., 2020) reportaron una disminución en el tiempo de respuesta en tareas de cálculo escrito de los niños y niñas con DD. Por otra parte, modalidades de intervención que incluían Realidad Virtual mostraron efectos en diferentes competencias matemáticas, como la aritmética básica, orden secuencial y razonamiento matemático (Véase Ávila et al., 2018). Además este tipo de estudios plantean el potencial de estimulación de procesos asociativos a nivel cognitivo, por la integración de información sensorial visual, espacial, verbal, propioceptiva y táctil, en comparación con estrategias de enseñanza tradicionales (Véase Miundy et al., 2019). A nivel general, los investigadores de manera explícita o implícita exponen que el mejoramiento en el desempeño matemático en niños y niñas con DD se presenta gracias al uso de diversos canales de memoria que superan otras formas actuales de instrucción, dado que facilitan la codificación y retención de información.

En lo referido a los criterios para la intervención en DD a partir de perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales que puedan ser aplicados en el contexto educativo o clínico se establecieron cuatro recomendaciones principales a partir de los hallazgos encontrados en las investigaciones, En primer lugar, incluir el escenario familiar como espacio para el desarrollo de competencias matemáticas. Haciendo uso de artefactos físicos y digitales habituales, los niños/as

con DD pueden entrenar habilidades básicas y más sofisticadas en procesos de interacción con su red más cercana, que les permita desplegar sus conocimientos en contextos situados. En segundo lugar, se sugiere diseñar intervenciones estructuradas y sistemáticas, que tengan objetivos claros y contemplen las necesidades y perfiles de cada niño/a con DD. En tercer lugar, se debe considerar una selección adecuada del material concreto y los recursos digitales que se utilizarán en la intervención, privilegiando aquellos que propicien mayores oportunidades de interacción, dinamismo y retroalimentación. Por último, se sugiere que las propuestas de intervención contemplen el uso del cuerpo como parte fundamental de los procesos de cognición matemática, dado que el diseño de tareas que impliquen una participación activa de los diferentes canales sensoriales, podría fortalecer el aprendizaje de tareas de conteo, resolución de problemas y operaciones matemáticas básicas, entre otras descritas.

Ahora bien, no hay evidencia concluyente de la superioridad de uno de varios métodos de entrenamiento, o de las características específicas que debe poseer un método de entrenamiento válido y eficaz. Sin embargo, entre los hallazgos del análisis de investigaciones en DD, se encuentra que la implementación de una intervención a partir de perspectivas Multimodales y/o Multisensoriales de manera directa o indirecta son eficaces para tratar la DD. Esto se evidencia en los efectos de las intervenciones en las habilidades matemáticas y funciones cognitivas, en las cuales los participantes que fueron parte de las estrategias que incorporan diversas modalidades de interacción, comunicación y representación, así como el uso de diferentes artefactos, obtenían mejores resultados que aquellos que realizaban refuerzos tradicionales en las aulas de clase (Ziadat, 2022; Cheng et al., 2020). Si bien en la mayoría de las investigaciones, no hay una

postura directa que evidencie que las intervenciones se realizaron desde el marco del enfoque multimodal y/o multisensorial, en el análisis de las actividades se manifiesta el uso de diferentes modalidades de representación, comunicativas e interactivas, así como la participación de diferentes canales sensoriales en los ejercicios propuestos, lo cual da cuenta de los alcances de este tipo de estrategias en el tratamiento de la DD.

Los hallazgos de esta investigación demuestran que el uso de principios basados en enfoques Multimodales y/o Multisensoriales, en el tratamiento educativo y/o neuropsicológico en niños/as con necesidades educativas especiales, puede mejorar las competencias matemáticas básicas, debido a su capacidad para abordar las diversas formas de aprendizaje y las necesidades individuales de los estudiantes. Estos enfoques reconocen que cada niño/a tiene diferentes recursos para el aprendizaje y que algunos pueden tener dificultades para procesar la información de manera convencional. Al integrar múltiples sentidos, como la vista, el oído, el tacto y el movimiento, en las actividades educativas, se puede generar un ambiente de aprendizaje más inclusivo y accesible, que garantice los derechos educativos de los niños/as como lo indica la normativa nacional (Véase Decreto 1421 de agosto 29 de 2017 del Ministerio de Educación Nacional, 2017). Estas estrategias no solo ayudarían a los niños/as a comprender y retener la información de manera más efectiva, sino que también fomentan su participación activa en el proceso educativo, aumentan su motivación y les brinda herramientas para enfrentar los desafíos académicos con mayor confianza.

Igualmente, se evidenciaron diferencias en cuanto a la evaluación de los niños/as con DD o Dificultades Matemáticas moderadas o severas, en algunas investigaciones se plantean criterios

basados en el desempeño en pruebas de rendimiento matemático estandarizadas para cada país, junto con pruebas neuropsicológicas, en otros casos, procesos de evaluación que comprenden revisión de historia clínica y antecedentes académicos. Esto plantea un aspecto crítico en el desarrollo de investigaciones futuras en esta área, ya que la evaluación es importante para identificar las fortalezas, debilidades y necesidades educativas de individuos o grupos. Además, para evaluar la efectividad de cualquier intervención es necesario que los parámetros diagnósticos de la DD sean precisos y lo más completos posibles para garantizar una adecuada caracterización de los niños/as.

Por otro lado, se observó que en las investigaciones de la última década, hay prevalencia en el desarrollo de habilidades tales como la conciencia de número (numerosidad), lectura y reconocimiento de números y símbolos matemáticos, reconocimiento de cantidades y proporciones, posicionamiento y secuenciación, operaciones aritméticas básicas, cálculo mental y resolución de problemas. Mientras que otras competencias matemáticas siguen sin explorarse ampliamente, como es el caso de la geometría, que fue escasamente referenciada en los estudios revisados, a excepción de las investigaciones de Cheng et al., (2020) y Faramarzi & Sadri (2014) que abordan el procesamiento espacial en sus intervenciones.

Como idea emergente, es importante considerar que no se puede dejar de lado la carga afectiva del mundo material en los procesos cognitivos. Hay un papel de los artefactos en la vida de los individuos, el uso de los artefactos tiene una fuerte respuesta afectiva, se valoran y se manipulan, por lo que desde perspectivas de la cognición extendida, el mundo material construye la experiencia. Si bien hay estudios que reconocen el rol motivador que tienen los artefactos

físicos y digitales (Castro et al., 2014; Ávila et al., 2018; Anisimova & Krasnova 2015), es relevante que se trascienda dicha noción y se investigue sobre las posibles implicaciones emocionales del uso de materiales didácticos.

Con el desarrollo de esta investigación se evidenció un desafío en el análisis de los efectos de las intervenciones, dada la dificultad de determinar los alcances y pertinencia de los procesos de enseñanza- aprendizaje en DD cuando se usan estrategias tan variadas y se miden habilidades diferentes. Del mismo modo, se identifican habilidades numéricas poco exploradas, lo cual sugiere la existencia de retos diferentes para los diversos perfiles de DD, de ahí que se recomienden las intervenciones personalizadas, posterior a una evaluación integral de las habilidades generales y específicas del sujeto.

Como se mencionó anteriormente, el diagnóstico de la DD sigue siendo un elemento a considerar en el diseño de estrategias educativas y neuropsicológicas para su tratamiento, dado que la diversidad de criterios puede poner en evidencia una falta de consenso sobre qué se entiende por DD. Por lo tanto, se debe seguir revisando con una perspectiva crítica investigaciones que para el diagnóstico sólo consideren los resultados de pruebas de rendimiento matemático y en las cuales haya ausencia de una valoración completa de antecedentes clínicos y escolares.

Referencias

- Álvarez, C., & Brotóns, E. (2018). Dislexia y DD: una revisión sistemática actual desde la neurogenética. *Universitas psychologica*, 17(3).
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/647/64755358022/64755358022.pdf>.
- American Psychiatric Association. (2014). *DSM-5: Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. (5a. ed. --.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Anisimova, T. I., & Krasnova, L. A. (2015). Interactive Technologies in Electronic Educational Resources. *International Education Studies*, 8(2). doi:10.5539/ies.v8n2p186.
- Aponte, M., y Zapata, M. (2013). Caracterización de las funciones cognitivas de un grupo de estudiantes con trastornos específicos del aprendizaje en un colegio de la ciudad de Cali, Colombia. *Psychologia. Avances de la Disciplina*, 7(1), 23-34.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-23862013000100003&lng=en&tlng=es.
- Aquil, M., & Ariffin, M. (2020). Dyscalculia, causes, interventions and Malaysian Scenario. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 17(5), 1131-1151.
- Ardila, A., Arocho, J., Labos, E., y Rodríguez, W. (2015) *Diccionario de neuropsicología*. Documento para distribución pública.
- Areces, D., Cueli, M., García, T., Rodríguez, C., & González-Castro, P. (2017). Intervención en dificultades de aprendizaje de las matemáticas: incidencia de la gravedad de las

- dificultades. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 20(3), 293-315. <https://doi.org/10.12802/relime.17.2032>.
- Arsic, S., Eminovic, F., Stankovic, I., Jankovic, S., & Despotovic, M. (2012). The role of executive functions at dyscalculia. *HealthMED*, 6(1), 314-318.
- Ashkenazi, S., Mark-Zigdon, N., & Henik, A. (2012). Do subitizing deficits in developmental dyscalculia involve pattern recognition weakness? *Developmental Science*, 16(1), 35–46. doi:10.1111/j.1467-7687.2012.01190.x.
- Ávila, D., Vaca, L., Delgadillo, R., Padilla, N., & Rivera, L. (2018). Design of an Augmented Reality Serious Game for Children with Dyscalculia: A Case Study. *Technology Trends*, 165–175. doi:10.1007/978-3-030-05532-5_12.
- Baines, L. (2008) *A Teacher's Guide to Multisensory Learning: Improving Literacy by Engaging the Senses*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Barbosa, F., y Amado, W. (2017). Propuesta pedagógica para el manejo adecuado de la DD en el aula que permita la inclusión educativa.[Tesis de especialización, Universidad Autónoma de Bucaramanga] <http://hdl.handle.net/20.500.12749/831>
- Barrouillet, P., Camos, V., Perruchet, P., & Seron, X. (2004). ADAPT: a developmental, asemantic, and procedural model for transcoding from verbal to arabic numerals. *Psychological review*, 111(2), 368. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.111.2.368>.

Benedicto, P., & Rodríguez, S. (2019). DD: manifestaciones clínicas, evaluación y diagnóstico.

Perspectivas actuales de intervención educativa. RELIEVE-Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa,

25(1).<https://ojs.uv.es/index.php/RELIEVE/article/view/10125>.

BiblioGETAFE, (2020) Diagrama de flujo PRISMA 2020.

<https://bibliogetafe.com/2021/06/23/diagrama-de-flujo-prisma-2020/>

Bird, R. (2014). Problems in learning mathematics. In M. Witt, & A. Hansen Primary

mathematics for trainee teachers (pp. 196-208). SAGE Publications, Inc., [https://www-](https://www-doi-org.bd.univalle.edu.co/10.4135/9781473909595.n11)

[doi-org.bd.univalle.edu.co/10.4135/9781473909595.n11](https://www-doi-org.bd.univalle.edu.co/10.4135/9781473909595.n11).

Brum, E., & Lara, I. (2020). DD do Desenvolvimento: um mapeamento sobre intervenções pedagógicas e psicopedagógicas. *Práxis Educativa* (Brasil), 15 (), 01-20.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89462860006>.

Carvalho, M., & Haase, V. (2019). Genetics of Dyscalculia 1: In Search of Genes. *International*

Handbook of Mathematical Learning Difficulties, 329–343. doi:10.1007/978-3-319-

97148-3_21

Castro, D., Amor, V., Gómez, D., & Dartnell, P. (2017). Contribución de los componentes de la

memoria de trabajo a la eficiencia en aritmética básica durante la edad escolar. *Psykhé*

(Santiago), 26(2), 1-17. <http://dx.doi.org/10.7764/psykhe.26.2.1141>.

- Castro, M., Bissaco, M., Panccioni, B., Rodrigues, S., & Domingues, A. (2014). Effect of a virtual environment on the development of mathematical skills in children with dyscalculia. *PloS one*, 9(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103354>.
- Centro Cochrane Iberoamericano. (2012). *Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones, versión 5.1. 0*. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano.
- Cheng, D., Xiao, Q., Cui, J., Chen, C., Zeng, J., Chen, Q., & Zhou, X. (2020). Short-term numerosity training promotes symbolic arithmetic in children with developmental dyscalculia: The mediating role of visual form perception. *Developmental science*, 23(4), e12910. <https://doi.org/10.1111/desc.12910>.
- Chin, K., & Fu, S. (2021). Exploring the Implementation of an Intervention for a Pupil with Mathematical Learning Difficulties: A Case Study. *Journal on Mathematics Education*, 12(3), 531-546. <https://doi.org/10.22342/jme.12.3.14473.531-546>.
- De la Peña, C., & Bernabéu, E. (2018). Dislexia y DD: una revisión sistemática actual desde la neurogenética. <https://www.redalyc.org/journal/647/64755358022/64755358022.pdf>.
- De Nigris, A., Masciarelli, G., & Guariglia, C. (2020). Efficacy of neuropsychological rehabilitation on numerical and calculation abilities: A developmental case study. *Applied Neuropsychology: Child*, 9(3), 271-281. <https://doi.org/10.1080/21622965.2018.1553044>.
- De Smedt, B., Peters, L., & Ghesquière, P. (2019). Neurobiological Origins of Mathematical Learning Disabilities or Dyscalculia: A Review of Brain Imaging Data. *International*

Handbook of Mathematical Learning Difficulties, 367–384. doi:10.1007/978-3-319-97148-3_23

Delgado., Delgado, R., Palma, R., & Moya, M. (2019). Dyscalculia and pedagogical intervention. *International Research Journal of Management, IT and Social Sciences*, 6(5), 95-100. <https://doi.org/10.21744/irjmis.v6n5.710>.

Dhingra, K., Aggarwal, R., Garg, A., Pujari, J., & Yadav, D. (2022). Mathlete: an adaptive assistive technology tool for children with dyscalculia. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 19(1), 9-15. <https://doi.org/10.1080/17483107.2022.2134473>.

Drayson, Z. (2009). Embodied cognitive science and its implications for psychopathology. *Philosophy, Psychiatry, & Psychology*, 16(4), 329-340.

Emerson, J., Butterwoth, B. & Baptie, P. (2010). *The dyscalculia Assesment*. Continuum International Publishing Group.

Espina de la Cruz, E., Marbán Prieto, J. M., & Maroto Sáez, A. I. (2022). Una mirada retrospectiva a la investigación en DD desde una aproximación bibliométrica. *Revista de educación*.

Faramarzi, S., & Sadri, S. (2014). The effect of basic neuropsychological interventions on performance of students with dyscalculia. *Neuropsychiatra i Neuropsychologia/Neuropsychiatry and Neuropsychology*, 9(2), 48-54. <https://www.termedia.pl/Original-article-The-effect-of-basic-neuropsychological-interventions-on-performance-of-students-with-dyscalculia,46,23684,1,1.html>.

- Fernández, P., Vallejo, G., Livacic, P., & Tuero, E. (2014). Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad: se cumple 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de Psicología*, 30 (2), 756-771. <https://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.2.166911>.
- Fias, W., Menon, V., & Szucs, D. (2013). Multiple components of developmental dyscalculia. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 43–47. doi:10.1016/j.tine.2013.06.006.
- Fugate, J., Macrine, S., & Cipriano, C. (2018). The role of embodied cognition for transforming learning. *International Journal of School & Educational Psychology*, 1–15. doi:10.1080/21683603.2018.1443856.
- Gladic, J., & Cautín-Epifani, V. (2016). Una mirada a los modelos multimodales de comprensión y aprendizaje a partir del texto. *Literatura y lingüística*, (34), 357-380. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-58112016000200017>.
- Goldman, A. (2012). A moderate approach to embodied cognitive science. *Review of Philosophy and Psychology*, 3(1), 71-88.
- Grant, D. (2017) *That's the Way I Think: Dyslexia, dyspraxia, ADHD and dyscalculia explained*. Routledge Taylor y Francis Group.
- Haberstroh, S., & Schulte-Körne, G. (2019). The diagnosis and treatment of dyscalculia. *Deutsches Aerzteblatt Online*. doi:10.3238/arztebl.2019.0107.
- Hornigold, J. (2015). *Dyscalculia pocketbook*. Pocketbooks. Management Pocketbooks Ltd.

- Hudson, D. (2017). Dificultades específicas de aprendizaje y otros trastornos: Guía básica para docentes. Narcea Ediciones. Digitalia, <https://www-digitaliapublishing-com.bd.univalle.edu.co/a/47788>.
- Jewitt, C. (2013). Multimodal methods for researching digital technologies. In S. Price, C. Jewitt, & B. Brown (Eds.), *The Sage handbook of digital technology research* (pp. 250–265). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Kadosh, R., & Walsh, V. (2007). Dyscalculia. *Current Biology*, 17(22), R946-R947. [https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(07\)01855-6.pdf](https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(07)01855-6.pdf).
- Kanzafarova, R., Kazantseva, A., & Khusnutdinova, E. (2015). Genetic and environmental aspects of mathematical disabilities. *Russian Journal of Genetics*, 51, 223-230.
- Käser, T., Baschera, G., Kohn, J., Kucian., Richtmann, V., Grond, U., Gross, M., von Aster, M. (2013). Design and evaluation of the computer-based training program *Calcularis* for enhancing numerical cognition. *Frontiers in Psychology*, 4, 489. doi:10.3389/fpsyg.2013.00489
- Kaufmann, L., & von Aster, M. (2012). The diagnosis and management of dyscalculia. *Deutsches Ärzteblatt International*, 109(45), 767. doi: 10.3238/arztebl.2012.0767.
- Kohn, J., Rauscher, L., Kucian, K., Käser, T., Wyschkon, A., Esser, G., & von Aster, M. (2020). Efficacy of a computer-based learning program in children with developmental dyscalculia. What influences individual responsiveness?. *Frontiers in psychology*, 11, 1115. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01115>.

- Kress, G. (2009). What is mode? In C. Jewitt (Ed.), *Handbook of multimodal analysis* (54–66). London: Routledge. <http://techstyle.lmc.gatech.edu/wp-content/uploads/2012/08/Jones-2009.pdf>.
- Kriti, R., Anchal, J., & Divakar, Y.(2022) Mathlete: an adaptive assistive technology tool for children with dyscalculia, *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, DOI: 10.1080/17483107.2022.2134473.
- Kuzmičová, A. (2014). Literary narrative and mental imagery: A view from embodied cognition. *Style*, 48(3), 275-293.
- Layes, S., Lalonde, R., Bouakkaz, Y., & Rebai, M. (2018). Effectiveness of working memory training among children with dyscalculia: evidence for transfer effects on mathematical achievement—a pilot study. *Cognitive processing*, 19, 375-385. <https://doi.org/10.1007/s10339-017-0853-2>.
- Leh, J., & Jitendra, A. (2013). Effects of computer-mediated versus teacher-mediated instruction on the mathematical word problem-solving performance of third-grade students with mathematical difficulties. *Learning Disability Quarterly*, 36(2), 68-79. <https://doi.org/10.1177/0731948712461447>.
- Lewis, K., & Fisher, M. (2016). Taking Stock of 40 Years of Research on Mathematical Learning Disability: Methodological Issues and Future Directions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 47(4), 338–371. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.47.4.0338>.

- Lewis, K., Thompson, G., & Arvey Tov, S. (2022). Screening for Characteristics of Dyscalculia: Identifying Unconventional Fraction Understandings. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 14(3), 243–267. Retrieved from <https://iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/1707>.
- Lin, V., & Jiar, Y. (2017). Multisensory Instruction for Students With Dyscalculia. *China-USA Bus. Rev*, 10(11), 1152-1167. doi: 10.17265/1537-1514/2017.09.002.
- Lucangeli, D., Fastame, M., Pedron, M., Porru, A., Duca, V., Hitchcott, P., & Penna, M.. (2019). Metacognition and errors: The impact of self-regulatory trainings in children with specific learning disabilities. *ZDM Mathematics Education*, 51, 577-585. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01044-w>.
- Ludwig, K., Sämann, P., Alexander, M. et al. A common variant in Myosin-18B contributes to mathematical abilities in children with dyslexia and intraparietal sulcus variability in adults. *Transl Psychiatry* 3, e229 (2013). <https://doi.org/10.1038/tp.2012.148>.
- Lyons, A. (2015). Multimodality. *Research Methods in Intercultural Communication*, 268–280. doi:10.1002/9781119166283.ch18.
- Mahmud, M. S., Zainal, M. S., Rosli, R., & Maat, S. M. (2020). Dyscalculia: What We Must Know about Students' Learning Disability in Mathematics. *Universal Journal of Educational Research*, 8(12B), 8214-8222.
- Malafouris, L. (2013). *How things shape the mind: A theory of material engagement*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9476.001.0001>.

- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149–155. doi:10.1016/j.ciresp.2011.07.009.
- Margalef, I., & García, C. (2016). La aplicación de un recurso educativo digital en la dificultad de aprendizaje de la resta: Un estudio de caso. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 282-303. <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-1.13>.
- Medina, D. (2016). La comprensión del valor de posición en el desempeño matemático de niños. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 34(3), 441-456. doi: <http://dx.doi.org/10.12804/apl34.3.2016.01>.
- Menon, V. (2016). Working memory in children's math learning and its disruption in dyscalculia. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 125–132. doi:10.1016/j.cobeha.2016.05.014.
- Menor R, Aguilar C, Mur V, et al (2017). Efectividad de las intervenciones educativas para la atención de la salud. *Revisión sistemática. Medisur*. (1):71-84.
- Metta, G., Sandini, G., Vernon, D., Natale, L., & Nori, F. (2008, August). The iCub humanoid robot: an open platform for research in embodied cognition. In *Proceedings of the 8th workshop on performance metrics for intelligent systems* (pp. 50-56).
- Milla, L. (2020). Estrategias lúdicas en el logro de las competencias matemáticas en una estudiante con DD del quinto grado de primaria. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49869>

Ministerio de Educación Nacional. (2017, 29 de agosto). Decreto 1421 de agosto 29 de 2017.

<https://www.mineducacion.gov.co/portal/normativa/Decretos/381928:Decreto-1421-de-agosto-29-de-2017>.

Miundy, K., Zaman, H., Nosrdin, A., & Ng, K. (2019). Evaluation of visual based Augmented Reality (AR) learning application (V-ARA-Dculia) for dyscalculia learners. JOIV: International Journal on Informatics Visualization, 3(4), 343-354.

<http://dx.doi.org/10.30630/joiv.3.4.321>.

Mohd Syah, N., Hamzaid, N., Murphy, B., & Lim, E. (2016). Development of computer play pedagogy intervention for children with low conceptual understanding in basic mathematics operation using the dyscalculia feature approach. Interactive Learning Environments, 24(7), 1477-1496. <https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1023205>.

Monei, T., & Pedro, A. (2017). A systematic review of interventions for children presenting with dyscalculia in primary schools. Educational psychology in practice, 33(3), 277-293. <https://doi.org/10.1080/02667363.2017.1289076>.

Movahedi, Y. (2020). The effectiveness of neuropsychological rehabilitation treatment on improving the performance of response inhibition in students with learning disabilities in math and dyscalculia. Journal of Learning Disabilities, 9(2), 132-152. doi: 10.22098/jld.2020.860.

- Muñoz, Y., Guerrero, D., & García, J. (2015). Transcodificación numérica y comprensión del valor de posición: una débil relación teórica y empírica. *Psicología desde el Caribe*, 32(3), 393-409. <https://doi.org/10.14482/psdc.32.3.6015>.
- Mutflu, Y., & Akgün, L. (2019). Using Computer for Developing Arithmetical Skills of Students with Mathematics Learning Difficulties. *International Journal of Research in Education and Science*, 5(1), 237-251. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1198106>.
- Mutlu, Y., & Akgün, L. (2017). The Effects of Computer Assisted Instruction Materials on Approximate Number Skills of Students with Dyscalculia. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 16(2), 119-136. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1137809>.
- Navarro, J., Navarro, M., & Menacho, I. (2017). Instrucción directa con alumnado de Educación Primaria en riesgo de dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. *Psychology, Society & Education*, 9(1), 71–87. <https://doi.org/10.25115/psye.v9i1.464>.
- Nazari, S., Hakiminejad, F., & Hassanzadeh, S. (2022). Effectiveness of a process-based executive function intervention on arithmetic knowledge of children with Developmental Dyscalculia. *Research in Developmental Disabilities*, 127, 104260. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2022.104260>.
- Nelwan, M., Vissers, C., & Kroesbergen, E. (2018). Coaching positively influences the effects of working memory training on visual working memory as well as mathematical ability. *Neuropsychologia*, 113, 140–149. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.00.

- Neville, A. (2012). Dyscalculia/Specific Learning Difficulty in Mathematics: Identification and Intervention in Irish Primary Schools. *REACH: Journal of Inclusive Education in Ireland*, 26(1), 3–15. Retrieved from. <https://reachjournal.ie/index.php/reach/article/view/74>.
- Núñez, R., Edwards, L., & Filipe Matos, J. (1999). Embodied cognition as grounding for situatedness and context in mathematics education. *Educational studies in mathematics*, 39(1), 45-65.
- O'Halloran, K., & Smith, B. (2012). Multimodal text analysis. *The encyclopedia of applied linguistics*, 1-5. https://multimodal-analysis-lab.org/_docs/encyclopedia/01-Multimodal_Text_Analysis-O'Halloran_and_Smith.pdf.
- Orozco, M. (2000). El análisis de tareas: Cómo utilizarlo en la enseñanza de la matemática en primaria. *Revista EMA*, 5(2), 139-151. Retrieved from http://funes.uniandes.edu.co/1108/1/64_Hormaza2000El_RevEMA.pdf.
- Peñaherrera, B., & Armas, V. (2020). Amor u odio a la matemática: Reflexión desde la práctica pedagógica. *Revista EDUCARE-UPEL-IPB-Segunda Nueva Etapa 2.0*, 24(2), 338-352.
- Peters, L., Bulthé, J., Daniels, N., de Beeck, H. O., & De Smedt, B. (2018). Dyscalculia and dyslexia: Different behavioral, yet similar brain activity profiles during arithmetic. *NeuroImage: Clinical*, 18, 663-674. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213158218300731>.
- Potter, C. (2023). *Multivariate Treatment of Dyslexia, Dysgraphia and Dyscalculia*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.110287.

- Powell, S., Berry, K., Acunto, A., Fall, A., & Roberts, G. (2022). Applying an individual word-problem intervention to a small-group setting: A pilot study's evidence of improved word-problem performance for students experiencing mathematics difficulty. *Journal of Learning Disabilities*, 55(5), 359-374. <https://doi.org/10.1177/00222194211047635>.
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28, 1843–1866. <https://doi.org/10.1080/09500690600718294>.
- Puente, A., (2019). Neuroaprendizaje e inclusión educativa. Ril editores. Digitalia, <https://www-digitaliapublishing-com.bd.univalle.edu.co/a/65500>.
- Quijano, M., Aponte, M., Suarez, D., y Cuervo, M. (2013). Caracterización neuropsicológica en niños con diagnóstico de trastorno específico de aprendizaje en Cali, Colombia. *Psicología desde el Caribe*, 30(1), 67-90.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-417X2013000100005&lng=en&tlng=es.
- Radford, L. (2014). Towards an embodied, cultural, and material conception of mathematics cognition. *ZDM*, 46(3), 349-361.
- Radford, L., & André, M. (2009). Cerebro, cognición y matemáticas. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 12(2), 215-250.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-24362009000200004&lng=es&tlng=es.

- Re, A., Benavides-Varela, S., Pedron, M., De Gennaro, M., & Lucangeli, D. (2020). Response to a specific and digitally supported training at home for students with mathematical difficulties. *Frontiers in Psychology*, 11, 2039. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02039>.
- Re, A., Pedron, M., Tressoldi, P., & Lucangeli, D. (2014). Response to specific training for students with different levels of mathematical difficulties. *Exceptional Children*, 80(3), 337-352. <https://doi.org/10.1177/001440291452242>.
- Reeve, R. A., & Waldecker, C. (2017). Evidence-Based Assessment and Intervention for Dyscalculia and Maths Disabilities in School Psychology. *Handbook of Australian School Psychology*, 197–213. doi:10.1007/978-3-319-45166-4_10 .
- Ribeiro, F., & Santos, F. (2020). Persistent effects of musical training on mathematical skills of children with developmental dyscalculia. *Frontiers in psychology*, 10, 2888. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02888>.
- Rincón, M., y Celis, S. (2020). Estrategias de intervención para la corrección de los trastornos específicos del aprendizaje. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/17716>:
- Rosa, M., Bairral, M., Gitirana, V., & Borba, M. (2018). Digital Technologies and Mathematics Education: Interlocutions and Contributions Based on Research Developed in Brazil. *Mathematics Education in Brazil*, 129–147. doi:10.1007/978-3-319-93455-6_7.
- Rubinsten, O. (2015). Developmental dyscalculia: A cognitive neuroscience perspective. *Brain Disorders & Therapy*, 4(4), 1-4. <http://dx.doi.org/10.4172/2168-975X.1000190>.

- Sacán, J., Tufiño, M., Paucar, S., Sousa, C. & Vicente, L. (2017). Libros multisensoriales como estrategia de aprendizaje para mejorar la adquisición de las nociones de cantidad y conjuntos en niños con necesidades educativas especiales [Sessão em conferência]. 4ª Conferência Internacional para a Inclusão - INCLUDiT, Leiria.
<http://hdl.handle.net/10400.8/5370>
- Saga, M., Rkhaila, A., Ounine, K., & Oubaha, D. (2021). Developmental dyscalculia: the progress of cognitive modeling in the field of numerical cognition deficits for children. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–11. doi:10.1080/21622965.2021.1955679
- Sai Hoe, F., & Kin Eng, C. (2019). Teaching Number Tracing to At-Risk Dyscalculia Pupil: A Single Case Study in LINUS 2.0 Numeracy Remedial Class in Sandakan, Sabah. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 7(3), 11-21.
<https://juku.um.edu.my/index.php/MOJES/article/view/18544>.
- Sánchez, A., y García, M. (2021). Programa de entrenamiento en potencial de aprendizaje para niños colombianos con dificultades de aprendizaje en Matemáticas. *Interdisciplinaria*, 38(1), 163-180. <https://doi.org/10.16888/interd.2021.38.1.11>.
- Schleifer, P., & Landerl, K. (2011). Subitizing and counting in typical and atypical development. *Developmental Science*, 14(2), 280–291. doi:10.1111/j.1467-7687.2010.00976.x.
- Serrano, E., Guidi, M., & Alda, J. (2013). ¿ Es el tratamiento psicológico eficaz para el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH)? Revisión sobre los tratamientos no

- farmacológicos en niños y adolescentes con TDAH. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 41(1). <https://medes.com/publication/79668>.
- Shakhnoza, K., & Karimova M. (2021). Interactive Technologies as a Means to Improve the Efficiency and Quality of the Educational Process. *International Journal of Human Computing Studies*. doi:10.31149/ijhcs.v3i2.1639.
- Shams, L. y Seitz, AR (2008). Beneficios del aprendizaje multisensorial. *Tendencias en Ciencias Cognitivas*, 12(11), 411–417. doi:10.1016/j.tics.2008.07.006.
- Sharma, M. (2003). What is dyscalculia? BBC Skillswise. Available from www.brainhe.com/staff/types/dyscalculiatext.html (accessed 17 August 2014).
- Snowling, M. (2012). Early identification and interventions for dyslexia: a contemporary view. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 13(1), 7–14. doi:10.1111/j.1471-3802.2012.01262.x.
- Springborg, C., & Ladkin, D. (2018). Realising the potential of art-based interventions in managerial learning: Embodied cognition as an explanatory theory. *Journal of Business Research*, 85, 532-539.
- Suri S., Tirkey A., Delphy J., Aurelia S. (2020) Detection and Behavioral Analysis of Preschoolers with Dyscalculia. In: Hemanth D. (eds) *Human Behaviour Analysis Using Intelligent Systems. Learning and Analytics in Intelligent Systems*, vol 6. Springer, Cham. https://doi-org.bd.univalle.edu.co/10.1007/978-3-030-35139-7_3.

- Swanson, H., Orosco, M. J., & Lussier, C. (2014). The effects of mathematics strategy instruction for children with serious problem-solving difficulties. *Exceptional Children*, 80(2), 149-168. <https://doi.org/10.1177/001440291408000202>.
- Tamayo, F., Tamayo, P., & Martínez, L. (2019). Modelo didáctico de tratamiento a la DD en escolares de la Educación Primaria (Original). *Revista científica OLIMPIA*, 16(54), 254-268. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/olimpia/article/view/747>.
- Taylor, C. (2016). El enfoque multimodal en la traducción audiovisual. *Blanco*, 28 (2), 222-236.
- Tolmie, A., Butterworth, B., Mareschal, D. (2013) *Educational Neuroscience*. John Wiley & Sons.
- Torres, P., Sarmiento, C., Torres, J., Barba, L. (2018) Educational Math Game for Stimulation of Children with Dyscalculia. In: Rocha Á., Guarda T. (eds) *Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems (ICITS 2018)*. ICITS 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 721. Springer, Cham. https://doi-org.bd.univalle.edu.co/10.1007/978-3-319-73450-7_58
- Tran, C., Smith, B., & Buschkuehl, M. (2017). Support of mathematical thinking through embodied cognition: Nondigital and digital approaches. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1). doi:10.1186/s41235-017-0053-8.
- Turk, M. (2014). Multimodal interaction: A review. *Pattern Recognition Letters*, 36, 189–195. doi:10.1016/j.patrec.2013.07.003.

- Val Danilov, I., & Mihailova, S. (2022). A case study on the development of math competence in an eight-year-old child with dyscalculia: Shared intentionality in human-computer interaction for online treatment via subitizing. *OBM Neurobiology*, 6(2), 1-17. doi: 10.21926/obm.neurobiol.2202122.
- Van Luit J., & Toll (2018) Associative Cognitive Factors of Math Problems in Students Diagnosed With Developmental Dyscalculia. *Front. Psychol.* 9:1907. doi:10.3389/fpsyg.2018.01907.
- Volpe, G., & Gori, M. (2019). Multisensory Interactive Technologies for Primary Education: From Science to Technology. *Frontiers in Psychology*, 10. doi:10.3389/fpsyg.2019.01076.
- Yoong, S., & Ahmad, N. (2021). Characteristics of dyscalculia in Mathematics learning. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 14(1), 15-22. <https://ojs.upsi.edu.my/index.php/JPB/index>.
- Zerafa, E. (2015). Helping Children with Dyscalculia: A Teaching Programme with three Primary School Children. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 1178–1182. doi:10.1016/j.sbspro.2015.04.516.
- Fernández-Fontecha, A., O'Halloran, KL, Tan, S., & Wignell, P. (2019). Un enfoque multimodal del pensamiento visual: el boceto científico. *Comunicación Visual*, 18 (1), 5-29. doi:10.1016/j.sbspro.2015.04.516.
- Ziadat, A. H. (2022). Sketchnote and Working Memory to Improve Mathematical Word Problem Solving among Children with Dyscalculia. *International Journal of Instruction*, 15(1). <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15129a>.