



UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL URUGUAY

ESCUELA DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN NEUROPSICOLOGÍA DEL DESARROLLO Y EL APRENDIZAJE

Efecto de la intervención basada en la evidencia en un caso con signos de Discalculia del  
Desarrollo

**Autor/a:** Natalia Hernández

**Tutor/a:** Dra. Vivian Reigosa

20 de setiembre de 2023

Montevideo, Uruguay

## Tabla de contenidos

<b>Resumen.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Marco teórico.....</b>	<b>5</b>
2.1 Del sentido numérico a la matemática simbólica.....	5
2.1.1 Los sistemas numéricos nucleares (SNN).....	5
2.1.1.1 Sistema numérico aproximado.....	6
2.1.1.1.1 La Ley de Weber y los efectos numéricos.....	7
2.1.1.1.2 Sistema de seguimiento de objetos.....	9
2.1.2 El vínculo entre los sistemas numéricos nucleares y la matemática simbólica...10	
2.1.2.1. El desarrollo del Sistema Numérico Verbal.....	12
2.1.2.2. El desarrollo del Sistema Numérico Árabe.....	13
2.1.3 Modelos acerca del desarrollo del procesamiento numérico.....	15
2.2 Trayectorias atípicas en el desarrollo numérico.....	17
2.2.1 Diferentes hipótesis sobre el origen de la Discalculia del Desarrollo.....	17
2.2.1.1 El déficit en procesos de dominio general.....	18
2.2.1.2 El déficit en la representación mental de la magnitud numérica per se.....	19
2.2.1.3 El déficit en el acceso a la representación mental de la magnitud numérica.....	20
2.2.2 Estado del arte de la intervención de la Discalculia del Desarrollo.....	21
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>24</b>
3.1 General.....	24
3.2 Específicos.....	24
<b>4 - Materiales y método.....</b>	<b>24</b>
4.1 - Muestra.....	24
4.2 – Juegos digitales utilizados en la fase de intervención.....	25
4.2.1 - La carrera de los Números.....	25
4.2.1.1 - Principios conceptuales.....	25
4.2.1.2 - Descripción del juego.....	26
4.2.1 Number Beads.....	28
4.2.2.1 - Principios conceptuales.....	28
4.2.2.2 - Descripción.....	30
4.3 - Instrumentos utilizados en la evaluación de la efectividad de la intervención.....	31
4.3.1 - Panamath (Halberda y Ly, 2010).....	31
4.3.2 - Test para el diagnóstico de las competencias básicas en matemáticas: Tedi-Math (Grégoire, Noël y Van Nieuwenhoven, 2015).....	32
Protocolo de Tedi Math. Prueba 3.A.2 “Comparación de números arábigos”, consigna y estímulos.....	33
4.3.3 - Prueba Uruguaya de Matemática: PUMA (CICEA, 2020).....	34
4.4 - Procedimiento.....	35
4.5. Análisis de los resultados.....	37

<b>5 - Resultados.....</b>	<b>38</b>
5.1 Perfil neuropsicológico de BS.....	38
5.2. Resultados de la intervención.....	44
5.2.0 Desempeño durante las sesiones de intervención.....	44
5.2.1. Efecto de la intervención sobre la representación mental de la magnitud numérica.....	45
5.2.1.1. Fracción de Weber.....	45
5.2.1.2. El Efecto de Ratio.....	45
5.2.1.3. El tiempo de respuesta.....	46
5.2.2. Análisis del comportamiento de BS durante la realización de Panamath.....	47
5.2.2. Efecto de la intervención sobre el vínculo entre el símbolo y la representación de la magnitud numérica.....	47
5.2.3. Efecto de la intervención sobre el desarrollo de las operaciones aritméticas y el cálculo.....	49
5.2.2.1. Tiempo de respuesta.....	49
5.2.2.2. Precisión de la respuesta.....	49
5.2.2.3 Análisis del comportamiento de BS durante la realización de la prueba de cálculo mental de PUMA.....	50
<b>6. Discusión.....</b>	<b>50</b>
6.1 Efecto de la intervención sobre la representación mental de la magnitud numérica... 51	51
6.2 Efecto de la intervención sobre el vínculo entre el símbolo y la representación de la magnitud numérica.....	52
6.3 Efecto de la intervención sobre el desarrollo de las operaciones aritméticas y el cálculo.....	53
6. 4 Limitaciones del estudio.....	54
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>54</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>65</b>

## Resumen

La discalculia del desarrollo (DD) es un trastorno severo y persistente que puede asociarse a un déficit específico en el procesamiento de las magnitudes numéricas. Han sido planteadas diferentes hipótesis sobre la etiología de la DD; sin embargo, en el marco de este trabajo se abordará la hipótesis del déficit en el acceso a la representación mental de las magnitudes mediante los símbolos numéricos. El estudio se propuso evaluar la efectividad de una intervención dirigida a sedimentar dicho acceso en un caso único con signos de DD mediante un diseño de tipo AB o pre-test/posttest. Se utilizaron como medidas del efecto de la intervención el test Panamath, dos subtests de Tedi Math y la tarea de cálculo de la Prueba uruguaya de matemática (PUMA). En la primera etapa del estudio se realizó una evaluación neuropsicológica al caso cuyo perfil fue compatible con una DD y con la hipótesis del déficit en el acceso. Luego, se implementó la intervención durante seis semanas con dos juegos digitales basados en la evidencia (Number Race y Number Beads) intercalando tres sesiones de posttests. Como resultado se constataron mejoras a partir de las comparaciones pre-test/posttests en la precisión de la representación mental de las magnitudes numéricas y en el acceso a dichas representaciones a través de los números arábigos, así como en la fluidez del cálculo durante la realización de sumas simples. Estos resultados apoyan la hipótesis del déficit en el acceso a la representación mental de la magnitud numérica a través de las representaciones simbólicas de los números como causa potencial de la DD y las teorías que describen la influencia de la adquisición de las habilidades numéricas simbólicas sobre la precisión del Sistema Numérico Aproximado.

**Palabras clave:** Discalculia del Desarrollo, Sistema Numérico Aproximado, Hipótesis del acceso, Cálculo, Magnitudes numéricas, Números arábigos, Estudio de caso, Diseño A/B, Diseño pretest – posttest, Intervención digital, Number Race, Number Beads

## 1. Introducción

La discalculia del desarrollo (DD) es un trastorno severo y persistente cuyo origen parece estar relacionado con un déficit específico en el procesamiento de las magnitudes numéricas (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004; Butterworth & Laurillard, 2010; Zorzi et al., 2005; Rousselle y Noël, 2007). Este déficit cognitivo es la expresión de cambios en el cerebro a nivel estructural y funcional (ver De Smedt et al., 2019 para una revisión reciente del tema).

Los avances de las ciencias cognitivas en la elaboración de modelos de funcionamiento típico y atípico durante el procesamiento numérico, así como de su sustrato neuroanatómico y funcional permiten diseñar intervenciones muy específicas con base en la evidencia. Esto posibilita el testeado de hipótesis muy precisas acerca de los cambios que la intervención pudiera estar produciendo a nivel de los microprocesos cognitivos involucrados, así como a nivel cerebral. Al mismo tiempo, contribuye a que la intervención pueda validar o refutar modelos y teorías acerca del desarrollo de la cognición numérica y las desviaciones en sus trayectorias típicas. En ese sentido, por ejemplo, se constituyen como una vía para arrojar luz al debate actual sobre los mecanismos responsables de conectar las representaciones mentales no simbólicas del número con la aritmética simbólica.

A esto se suman los avances constatados en los últimos años respecto a qué, cómo, quién y cuándo intervenir los déficits en los niños con riesgo de DD y con DD confirmada. Los trabajos recientes de Reynvoet et. al., (2021) y Nelson y McMaster, (2019) confirman que las intervenciones en matemática son efectivas en todas las edades; sin embargo, señalan la importancia de la detección oportuna, dado que las intervenciones tempranas en numeración demuestran mejoras posteriores en comprensión de números, fluidez aritmética y resolución de problemas matemáticos. Asimismo, muestran que las intervenciones basadas en métodos de enseñanza directos y en la práctica repetitiva, así como las intervenciones digitales, resultan ser más efectivas.

A pesar de este contexto promisorio, en la actualidad, son escasos los reportes rigurosos de resultados a partir del diseño de intervenciones guiadas por la evidencia, y lo son aún más en casos únicos. Este trabajo toma como marco las oportunidades de dicho contexto para realizar una intervención de caso único en un niño con signos de DD. Es un estudio que se propone explorar el nivel de evidencia que pueden aportar algunas variables psicofísicas

tales como la Fracción de Weber y el Efecto de Ratio, en un tratamiento específico para la DD. Asimismo, se propone contrastar los resultados obtenidos en la intervención con las hipótesis actuales acerca del origen de la DD con el fin de aportar a su validación. En consecuencia, se decide realizar un diseño exploratorio de estudio de caso (pretest – postest) cuyos resultados permitirían tomar decisiones respecto a un posible estudio con un diseño experimental de caso único.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Del sentido numérico a la matemática simbólica**

#### **2.1.1 Los sistemas numéricos nucleares (SNN)**

Si bien es sabido que las competencias en matemática son logros culturales íntimamente relacionados al desarrollo del lenguaje, hace décadas se investigan las habilidades numéricas básicas que poseen los animales carentes de los símbolos que aporta el lenguaje (Nieder, 2005). La especie humana comparte con otras especies, la habilidad de discriminar, de manera aproximada, las magnitudes numéricas. Los parámetros que subyacen a las habilidades de discriminación numérica han sido claramente delimitados y son similares entre especies y a lo largo del desarrollo del ser humano. Probablemente, la razón por la que ha evolucionado, desde el punto de vista filogenético, responde a una utilidad para la supervivencia, por ejemplo, decisiones en la búsqueda de alimento o para determinar el número de depredadores al que se debe dar una respuesta efectiva en determinadas circunstancias (Ansari, 2008).

Algunos autores han denominado a esta capacidad “sentido numérico” (Dehaene, 2007), un término que refiere a una habilidad biológicamente determinada y con un sustrato neural tangible que permite representar y manipular cantidades numéricas sin la presencia del lenguaje. Esta habilidad está presente en animales (Nieder, 2005; Nieder y Dehaene, 2009), en bebés humanos (Hyde y Spelke, 2011; Izard et al., 2009; Turk-Browne et al., 2008) y en individuos que viven en sociedades con culturas libres de número (Dehaene et al., 2008). Existen otras posturas (Crosswhite et al., 1989; Berch, 2005; Godino et al., 2009) que entienden que el sentido numérico involucra aspectos más dependientes del conocimiento numérico socialmente adquirido las cuales no serán abordadas porque no se encuentran en el foco teórico y conceptual del presente estudio.

Uno de los modelos más influyentes sobre la naturaleza del sentido numérico fue desarrollado por Feigenson y colegas (Feigenson et al., 2004). Según este modelo, el sentido numérico depende de dos sistemas nucleares que manejan diferentes representaciones numéricas. Por una parte, el Sistema numérico aproximado (SNA) representa de manera analógica y aproximada las magnitudes numéricas mayores de cuatro, mientras que el Sistema de Seguimiento de Objetos (SSO) representa de forma precisa cantidades pequeñas de hasta tres o cuatro elementos.

Estos autores plantean que, si bien ambos sistemas encuentran limitaciones en sus capacidades representacionales, ellos actúan como precursores en la adquisición y consolidación posterior de la aritmética simbólica y de aquellos conceptos matemáticos más complejos como fracciones, raíces cuadradas, números negativos, etc. Es decir, estos conceptos se adquieren a través de procesos que involucran, inevitablemente, la educación formal dentro de un grupo cultural, pero su origen parece encontrarse en el funcionamiento de los sistemas nucleares numéricos (Halberda et al., 2008; Reigosa-Crespo et al., 2013).

#### **2.1.1.1 Sistema numérico aproximado**

Desde las primeras semanas de vida los niños exhiben conocimientos numéricos. Los experimentos que han demostrado la existencia de una discriminación de numerosidad en bebés humanos han implementado el paradigma de la habituación y la reacción visual a la novedad, lo que se traduce en un aumento en la duración de la inspección visual de los objetos. Estos estudios han sido replicados con niños de hasta una semana de vida (Grégoire et al., 2015).

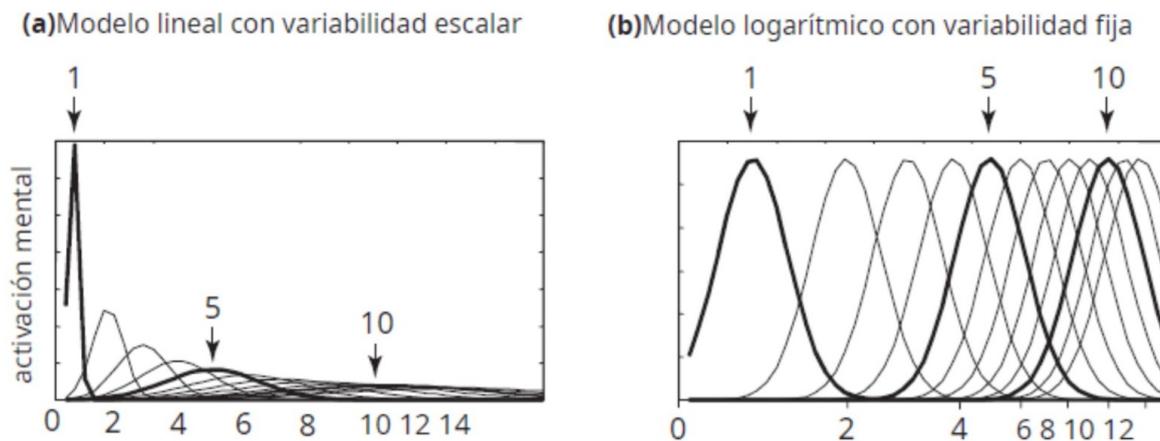
Inicialmente, la discriminación numérica resulta imprecisa. A los 6 meses de edad los bebés discriminan numerosidades con una ratio 1:2, es decir, pueden discriminar dos conjuntos de 8 y 16 elementos y de 16 y 32 elementos, pero fallan al discriminar conjuntos de 8 y 12 o conjuntos de 16 y 24. La precisión en la discriminación aumenta a lo largo del desarrollo, lográndose discriminar en la adultez conjuntos con una ratio de 7:8 (Feigenson et al., 2004).

Los modelos psicofísicos actuales acerca del funcionamiento de las representaciones de la magnitud numérica plantean que estas se organizan de menor a mayor magnitud, de izquierda a derecha, en una línea numérica mental (Dehaene y Changeux, 1993). El modelo lineal con variabilidad escalar establece que las representaciones se organizan en la línea

numérica como distribuciones equidistantes (figura 1 A); mientras que, en el modelo logarítmico las representaciones tienen una cantidad fija de ruido y se organizan en la línea mental numérica de forma logarítmica lo que determina una mayor compresión en la distribución de dichas representaciones en la medida en que representan cantidades numéricas más grandes (figura 1 B). Algunos autores (Booth y Siegler, 2006) plantean que en los niños la línea mental numérica es logarítmica, pero a medida que ocurre una exposición mayor a la matemática simbólica se torna cada vez más lineal. En ambos modelos se establece que, a mayores numerosidades, mayor solapamiento entre las representaciones, lo que, a nivel comportamental, se expresa como una mayor probabilidad de error a medida que se procesan magnitudes numéricas más grandes (Feigenson et al, 2004).

**Figura 1.**

*Modelos de representación de magnitudes numéricas*



### 2.1.1.1.1 La Ley de Weber y los efectos numéricos

El funcionamiento del SNA sigue la Ley de Weber-Fechner: dos conjuntos pueden ser discriminados sólo si difieren en una proporción determinada del rasgo que se representa (ejemplo: brillo, intensidad, volumen, longitud, etc.; Fechner, 1890). En el caso del procesamiento numérico esta proporción, o fracción de Weber ( $w$ ) se refiere a la menor distancia numérica necesaria para que dos cantidades logren ser diferenciadas (Halberda y Feigenson, 2008). Por tanto, la  $w$  representa el nivel de “ruido” de las representaciones

mentales de las cantidades numéricas: mientras mayor sea el valor de  $w$  mayor deberá ser la distancia numérica necesaria para que dos cantidades sean discriminadas como diferentes con exactitud; dicho de otro modo, cuanto menor sea  $w$ , mayor será la precisión en la representación mental de la magnitud numérica. Es importante aclarar que, si bien la Fracción de Weber ha sido vista como una medida privilegiada para caracterizar las diferencias individuales de la representación de las numerosidades, su cálculo está basado en el ajuste de los datos de precisión a través de diferentes ratios, por lo que es altamente dependiente de los mismos y simplemente expresa un patrón general de éstos (Myers et al., 2017).

Como parte de la expresión de la Ley de Weber-Fechner en los mecanismos del SNA, se pueden observar, a nivel comportamental, una serie de efectos numéricos que se ponen en juego cuando se discriminan cantidades numéricas no simbólicas y simbólicas: el Efecto de Ratio, el Efecto de Distancia y el Efecto de Tamaño (Ansari, 2008).

La relación de proporción entre dos magnitudes numéricas, es decir su ratio, juega un rol fundamental en la precisión y rapidez con que se produce su discriminación como cantidades diferentes. Es decir, la discriminación de dos conjuntos dependerá de la proporción numérica (ratio) entre los conjuntos, más que de su diferencia absoluta (Whalen et al., 1999). Por ejemplo, es más fácil discriminar un conjunto de 8 elementos de otro conjunto de 16 (ratio =2.00) que 32 de 40 (ratio =1.25). Nótese que, en este caso, la diferencia entre ambos conjuntos es la misma (8 elementos), pero varía la proporción entre ambos. A este hallazgo se le llama Efecto de Ratio (Nosworthy, et. al., 2013).

El Efecto de Distancia refiere al hallazgo empírico de que la capacidad de discriminar entre dos numerosidades mejora a medida que aumenta la distancia numérica entre ellas (ejemplo: discriminar 1 de 9 (distancia numérica de 8) es más fácil que discriminar 8 de 9 (distancia numérica de 1)). Se han reportado efectos de distancia en varias especies de animales, (Gallistel y Gelman, 1992), y en humanos, de todas las edades. En este último caso el efecto se ha podido apreciar tanto en tareas no simbólicas (Buckley y Gillman, 1974), como en tareas de comparación de símbolos arábigos (Dehaene, 1996). También se ha observado este efecto en números de dos cifras (Alonso y Fuentes, 2001). Asimismo, se ha constatado un cambio en el tamaño de este efecto a lo largo del desarrollo, siendo esperable una disminución hacia la adolescencia y adultez (Nosworthy, et. al., 2013).

El Efecto de Tamaño ocurre cuando se comparan cantidades con igual distancia numérica y se observa sistemáticamente una disminución de la precisión y velocidad en su

discriminación cuanto mayor es la magnitud de las cantidades a discriminar. Por ejemplo, es más difícil discriminar qué cantidad es mayor cuando se compara 18 y 19 que cuando se compara 8 y 9 (Dehaene et al., 1998). Según Nosworthy, et. al., (2013), las representaciones mentales de las magnitudes más grandes presentan mayor solapamiento entre sí lo que dificulta al sistema cognitivo distinguir una de otra.

Si bien se necesita profundizar acerca de las características de la representación y procesamiento de magnitudes simbólicas y no simbólicas, a lo largo del desarrollo y entre especies, se ha reportado la relevancia de los efectos de ratio, distancia y tamaño como predictores significativos de la competencia matemática posterior (Nosworthy, et. al., 2013).

### **2.1.1.2 Sistema de seguimiento de objetos**

El Sistema de Seguimiento de Objetos (SSO) constituye un mecanismo para la representación exacta de una pequeña cantidad de elementos individuales que pueden rastrearse a través del tiempo y el espacio (Feigenson et al., 2004). Este sistema para la representación de objetos se basa en los principios espacio-temporales de cohesión (los objetos se mueven como totalidades delimitadas), continuidad (los objetos se mueven en caminos conectados y sin obstáculos) y contacto (los objetos no interactúan a distancia) (Piazza, 2010; Spelke y Kinzler, 2007). Una de las características distintivas de este sistema es su capacidad limitada, ya que opera para el rango de objetos menores a tres o cuatro elementos que pueden ser rastreados al mismo tiempo (Trick y Pylyshyn, 1994). Otra de las características se refiere a las altas tasas de precisión de las respuestas, las cuales se mantienen constantes con independencia de la variación de la cantidad de elementos dentro del rango de estas representaciones (Revkin et al., 2008).

El SSO es responsable de la habilidad de discriminar con gran precisión y velocidad, la cantidad de un conjunto de hasta cuatro elementos aproximadamente, lo cual se ha denominado Subitización (Mandler y Shebo, 1982). Este sistema presenta diferencias individuales (Revkin, et al., 2008) y cambia durante el desarrollo, con una rápida evolución durante el primer año de vida (a los seis meses se limita a un solo objeto, mientras que su capacidad alcanza un límite similar al adulto de tres o cuatro ítems en aproximadamente 12 meses) (Ross-Sheehy et al., 2003).

Los argumentos que apoyan la existencia de la subitización, señalan una discontinuidad en la función que relaciona el tiempo de respuesta con la numerosidad de un conjunto, que se da en torno la cantidad de cuatro elementos (Revkin et al., 2008). A esto se le suman las evidencias electrofisiológicas de la actividad neural, que muestran que las tareas de estimación de cantidades pequeñas evocan una respuesta temprana en la región parietal posterior, en contraste con la respuesta de latencia media que es registrada en regiones parietales en la ejecución de tareas de estimación y comparación de cantidades mayores (Hyde y Spelke, 2009). Sin embargo, otros estudios experimentales no han encontrado evidencia de dicha discontinuidad al estudiar la distribución de los tiempos de respuesta en tareas de estimación verbal de la numerosidad en adultos (Gallistel y Gelman, 2000).

### **2.1.2 El vínculo entre los sistemas numéricos nucleares y la matemática simbólica**

El aprendizaje de un sistema numérico exacto de naturaleza simbólica va a depender tanto de los SNN, los cuales son innatos y compartidos con otros animales, como del desarrollo del lenguaje, exclusivo de la especie humana (Carey, 2009; Spelke, 2017).

Según Carey (2009) el aprendizaje de los símbolos numéricos ocurre de dos formas. Primero, los niños aprenden de memoria una lista ordenada para producir símbolos en una rutina de recitado. Inicialmente estas palabras-número no tienen contenido y sirven como marcadores de posición ordinal (por ejemplo, “dos” es una palabra que va después de “uno” y antes de “tres”). Segundo, aprenden a mapear esas palabras con su representación mental generada en el SSO. El desarrollo progresivo de las habilidades lingüísticas les permite seguir la siguiente secuencia: Fase 1. El establecimiento de relaciones y diferencias entre estas palabras-número, Fase 2. El entendimiento de la diferencia cuantitativa que implica pasar de un número al siguiente (por ejemplo, “tres” es mayor que “dos”), y Fase 3. La comprensión de que la asociación entre el símbolo y su representación cuantitativa se puede generalizar a los números sucesores (Le Corre y Carey, 2007). Para Carey (2009) las representaciones generadas por el SNA solo intervienen en la comprensión de los numerales luego de que los sujetos dominan la lógica del conteo. Sin embargo, estudios han mostrado que los niños mapean los numerales con magnitudes numéricas aproximadas antes de haber alcanzado un entendimiento completo de la lógica del conteo (Odic et al., 2015) y comprenden el significado de números mayores antes de comprender los principios de cardinalidad (Gunderson et al., 2015). Estos resultados indican que la teoría de Carey (2009) no describe

en su totalidad el paso del procesamiento numérico no simbólico al desarrollo del concepto simbólico del número.

Para Spelke (2017) el aprendizaje de los números naturales depende del dominio de las reglas generativas del lenguaje. Primero, los niños desarrollan habilidades en la construcción y manejo de sintagmas nominales (por ejemplo, una taza, el gato, tu mano). El dominio de estas estructuras lingüísticas se alcanza relacionando cada una de estas frases con tres sistemas nucleares: i. el sistema de representaciones de objetos inanimados y sus interacciones; ii. el sistema de representación de agentes y sus acciones y iii. el sistema de representaciones de objetos.

En una etapa posterior, los niños aprenden expresiones lingüísticas que contienen elementos de diferente clase (por ejemplo, el perro y el gato), o individuos con identidades diferentes (por ejemplo, Carlos y Sofía; mi taza y tu taza; este perro, ese perro y el otro). El uso de conjunciones permite referirse a conjuntos de dos o tres elementos y la comprensión del significado de los números (por ejemplo, Lucía tiene tres mascotas, un perro, un gato y un hámster). A continuación, estas expresiones del lenguaje natural se mapean con representaciones del SNA, permitiendo entender que las frases “tres gatos” y “Gris, Zeus y Lisa” se refieren ambas a un conjunto de tres elementos. Por último, los niños aprenden a aplicar las reglas gramaticales de varios objetos en la formación de expresiones que refieren a dos o tres conjuntos de objetos (por ejemplo, dos grupos de cachorritos, tres cachorros y dos patos).

En resumen, según la teoría de Spelke (2017) la adquisición de las reglas generativas del lenguaje, de conjunto con el procesamiento numérico básico propio del SNA, permiten a los niños entender que las expresiones lingüísticas numéricas pueden componerse para expresar nuevos números y que estas expresiones designan nuevos conjuntos numéricos cuyas magnitudes son la suma o el producto de las magnitudes de los conjuntos que las componen.

Actualmente ambas teorías son objeto de debate. Una visión alternativa (Leibovich et al., 2017) plantea que la adquisición de la semántica de los símbolos numéricos se basa en las experiencias corporales e interacciones de los niños con el ambiente. Por ejemplo, el concepto de "cuaternidad" surge a partir de sus experiencias de agrupar objetos en conjuntos de cuatro, o en la sensación física de mover sus cuerpos de una manera que corresponde al número cuatro.

Independientemente de cuál sea el origen de la matemática simbólica para su adquisición el niño deberá desarrollar un sistema de representaciones verbales (palabras número) y otro encargado de las representaciones visuales (números arábigos). Ambos sistemas deberán estar conectados entre sí y con sus correspondientes representaciones mentales de las magnitudes numéricas sean estas de naturaleza simbólica o no simbólica.

### **2.1.2.1. El desarrollo del Sistema Numérico Verbal**

Según Fuson et al. (1982), entre los dos y los seis años los niños adquieren la serie de los nombres de los números hasta veinte, siguiendo etapas que transcurren a partir de un primer momento en que los nombres de los números no aparecen individualizados y el niño produce la secuencia como un todo al no comprender aún la correspondencia término a término entre un número y un objeto a contar hasta considerar los números de la cadena como entidades separadas que puede producir y también contar.

Según Gelman y Gallistel (1978) el conteo se rige por cinco principios que el niño adquiere, paulatinamente, a partir de los dos años y medio. Los principios del orden estable, de correspondencia uno a uno y de cardinalidad definen el procedimiento del conteo. El principio de la abstracción determina el tipo de conjunto que se puede contar y el principio del orden irrelevante permite distinguir el conteo del simple etiquetado (Gelman y Meck, 1983)

Existe un acuerdo general sobre la importancia del conteo en el desarrollo de los conceptos numéricos. Para Fuson (1991) es una herramienta cultural que utiliza el niño para construir los conceptos de cardinalidad y ordinalidad en conjuntos de tamaño medio. Asimismo, se ha documentado la relación entre el entrenamiento en las tareas de contar y numerar, y la progresión en tareas lógicas y numéricas (Grégoire et al., 2015).

El sistema numérico verbal juega un rol fundamental en la adquisición de las palabras-número según las convenciones del sistema en base 10. Está involucrado en la comprensión de que las palabras-número se construyen sobre relaciones aditivas (por ejemplo, ciento tres es igual a cien más tres) o multiplicativas (por ejemplo, trescientos es igual a tres veces cien). Este sistema también es fundamental en las tareas de cálculo, dado que permite la construcción y posterior recuperación de hechos numéricos básicos - resultados de cálculos simples de suma, resta y multiplicación. Los hechos numéricos básicos

se guardan en el almacén de memoria a largo plazo como representaciones auditivo-verbales (Geary, 2000).

### **2.1.2.2. El desarrollo del Sistema Numérico Árabeto**

El sistema que contiene las representaciones de los números en su formato árabeto se conoce como el sistema numérico árabeto (Dehaene, 1997). Históricamente, los seres humanos se vieron en la necesidad de economizar sus sistemas numéricos, ya que son evidentes las limitaciones que existen en un sistema donde cada número tiene su propio nombre y éste no deriva de una regularidad que disminuya la carga cognitiva empleada en su uso. Los sistemas numéricos más eficaces son aquellos que agrupan de forma constante los números, como por ejemplo el sistema en base 10. Esto no es arbitrario, ya que tiene una relación directa con la cantidad de dedos de las manos (Grégoire et al., 2015).

A diferencia del código verbal, el cual se basa en relaciones aditivas y multiplicativas, el sistema árabeto se basa en un sistema de posición, donde el valor de las cifras depende de la posición - de derecha a izquierda - en que éstas se encuentran en un determinado número y donde el cero representa la ausencia de valor en una posición. El aprendizaje de estas convenciones no es sencillo porque existen unidades de tamaño diferente: unidades simples, decenas, centenas, etc. Estas características dan lugar a la aparición de errores sintácticos en la escritura de cifras, durante el desarrollo y adquisición de estas habilidades (Grégoire et al., 2015). El desarrollo de este sistema depende de las características del lenguaje en el que es aprendido. Mientras más transparente sea respecto a la base 10 más rápidamente se logra su adquisición por parte de los niños (Miura et al., 1994).

Las investigaciones sobre la adquisición de la numeración escrita son escasas. Algunos autores que han analizado las producciones espontáneas de los niños antes del aprendizaje formal demuestran que se da una progresión desde representaciones idiosincráticas y pictográficas a las producciones simbólicas comprendiendo progresivamente la correspondencia término a término hasta llegar a la producción de cifras (Huges, 1986).

Trabajos dedicados a estudiar el desarrollo de la escritura de números árabetos (Seron y Fayol, 1994) indican que la escritura de números de dos cifras se adquiere antes que la escritura de números de tres y cuatro cifras. Durante este aprendizaje aparecen errores bastante sistemáticos, sobre todo en los números que contienen “cien” y “mil”.

Una particularidad específica del área de los números es que el niño debe aprender no solo los códigos en ambos formatos (verbal y arábigo) sino también pasar de un código a otro a través de procesos de transcodificación que no necesariamente implican un acceso a las representaciones mentales de la cardinalidad que ellos representan (Dehaene, 1992, Dehaene y Cohen, 1995).

El desarrollo de los sistemas numéricos verbal y arábigo resultan determinantes para la adquisición de la aritmética simbólica.

### **2.1.2.3. El desarrollo de las operaciones aritméticas y el cálculo**

Se han presentado evidencias que sostienen que, previo a la adquisición y manejo de los nombres de los números, los niños poseen una noción intuitiva de la adición y la sustracción. Alrededor de los 5 años, la resolución de problemas aritméticos sencillos se apoya en el conteo. Previo al aprendizaje formal de la aritmética, se comienza a dar una asociación entre el conteo y la aritmética simple (Grégoire et al., 2015).

Inicialmente, a la hora de resolver una suma, el niño cuenta los objetos, lo que le permite una visualización de lo que contó y lo que le queda por contar. En un segundo momento, logra abstraerse de los objetos y pasa a contar utilizando los dedos, los cuales aún permiten cierto registro de la operación realizada. Finalmente, el niño realizará el cálculo de forma oral, apoyado en la memoria de trabajo y no en un soporte concreto (Grégoire et al., 2015). Se han descrito dos procedimientos en la estrategia de contar con los dedos, siendo los siguientes en orden de adquisición: “contar todo” y “contar a partir de”. El primer procedimiento y el más simple, por ende, el que se adquiere más temprano en el desarrollo, implica contar los elementos comenzando desde “uno”. El siguiente procedimiento alude a contar a partir de uno de los sumandos, en un principio a partir del primero, aún si este es el sumando más pequeño, y luego, contar a partir del mayor, lo cual resulta en un procedimiento más eficiente (Geary, 2004).

A medida que el niño se expone al cálculo mediante las estrategias de conteo más eficientes - contar a partir del mayor de los sumandos - se reduce la carga de recursos cognitivos destinados a la tarea, siendo posible de forma gradual, comenzar a construir y almacenar en la memoria a largo plazo, hechos numéricos básicos (HNB). Éstos usualmente involucran sumandos menores a 10. Con la recuperación directa de estos resultados, se desarrollan estrategias de cálculo mental, que permiten, utilizando los HNB ya adquiridos,

almacenar mayor cantidad de éstos (por ejemplo:  $6+7=(6+6=12)+1=13$ ), o realizar cálculos de mayor complejidad, cuyos resultados no se almacenan como HNB (Geary, 2004).

La progresión en la adquisición de estas estrategias no es enteramente lineal. Los niños, al realizar cálculos, evalúan qué estrategia es la más conveniente en la medida que dominan las distintas estrategias y conforme el problema lo requiera. Con la enseñanza formal llega también la enseñanza explícita del cálculo escrito a partir de lo cual, además del dominio de las habilidades antes descritas, debe aprenderse una serie de conceptos relacionados a los algoritmos de cálculo escrito, así como el valor posicional de los números para realizar diferentes estrategias de cálculo mental (Grégoire et al., 2015).

### **2.1.3 Modelos acerca del desarrollo del procesamiento numérico**

Existen diferentes modelos que tratan de explicar cómo funciona el vínculo entre las representaciones de la información numérica en el sistema cognitivo del adulto. Sin dudas, uno de los más influyentes es el Modelo del Triple Código (Dehaene y Cohen, 1993). Este modelo teórico propone la existencia de tres sistemas de representaciones numéricas interrelacionadas: El sistema analógico, el sistema auditivo-verbal y el sistema visual-arábigo. Se plantea que los tres sistemas interactúan para posibilitar la realización de actividades matemáticas. El primero de estos, el sistema analógico, almacena las representaciones de las magnitudes numéricas en un código analógico. Es un sistema básico, innato que funciona de manera independiente de los otros dos sistemas. La representación analógica de las cantidades entiende a los números como una distribución de activación sobre una línea mental numérica. El Sistema Analógico es el encargado de representar la semántica del número, es decir, su magnitud. El Sistema auditivo verbal contiene las representaciones auditivo-verbales (palabras-número en su formato verbal u ortográfico), mientras que el Sistema visual-arábigo está implicado en la representación de los números en su formato arábigo. Estos sistemas involucran procesos de identificación visual o del lenguaje y no contienen información acerca de la semántica del número. Por tanto, los procesos de transcodificación entre ambos sistemas (por ejemplo, leer o copiar al dictado números) son esencialmente, asemánticos (Serra-Grabulosa, et al., 2010).

Basados en el modelo de Triple Código, Von Aster y Shalev (2007) elaboraron un modelo del desarrollo en cuatro pasos. Este modelo describe la evolución de las diferentes formas de representación numérica de forma jerárquica. Postula que la representación

(heredada) de los sistemas nucleares numéricos (SNA y SSO) y las funciones que lo acompañan, como subitizar y estimar (paso 1), proporcionan el significado básico del número o sentido numérico. Esta es una condición previa necesaria para que los niños aprendan a asociar un número percibido de objetos o eventos con sus correspondientes símbolos en formato auditivo verbal y visual arábigo. Los procesos de simbolización lingüística (paso 2) y arábigo (paso 3) se constituyen, a su vez, como una condición previa para el desarrollo de la recta numérica mental (paso 4) en la que la ordinalidad se representa como un segundo núcleo principal (adquirido) del número.

Los autores plantean que, si en el paso 1 no se establece adecuadamente, las palabras – números se pueden aprender fonológicamente de memoria, pero funcionarán solo como palabras, sin el significado de la magnitud numérica. Si se conservan las habilidades de los sistemas nucleares numéricos, pero se perturba el desarrollo del lenguaje, la asociación entre las representaciones de la magnitud numérica y su simbolización lingüística no se podrá establecer de manera apropiada para la edad. Esto podría conducir a un retraso en el desarrollo de las rutinas de conteo, las estrategias de conteo, la aritmética y el almacenamiento de los HNB.

Muchos niños tienen dificultades para adquirir el sistema de representaciones de los números arábigos en preescolar y durante primeros años de primaria debido a la sintaxis del valor posicional y las reglas de transcodificación correspondientes (paso 3) lo cual puede dificultar la construcción y automatización de una imagen espacial de números ordinales.

La recta numérica mental (paso 4) entra en juego cuando se identifican posiciones ordinales de números con referencia a sus vecinos numéricos. Los hitos en la recta numérica mental (es decir, decenas y centenas) están marcados en notación arábigo y brindan orientación en el desplazamiento mental en esa recta durante el procesamiento aritmético. Existen diferencias individuales con relación a las imágenes mentales de la recta numérica y pueden tener una estructura más compleja que la recta mental numérica teórica. Esto ilustra que el desarrollo de las representaciones numéricas simbólicas está fuertemente influenciado por las experiencias individuales y el entorno de aprendizaje.

Los tres códigos referidos anteriormente se vinculan con los objetos externos mediante procesos de entrada y salida de la información. La activación de la representación de una magnitud puede darse mediante cualquiera de los códigos, mientras que la información sobre los números puede transcodificarse de un código a otro.

## **2.2 Trayectorias atípicas en el desarrollo numérico**

### **2.2.2 La discalculia del desarrollo y las dificultades de aprendizaje en matemática**

Los desórdenes en el aprendizaje de la matemática se expresan en una triada que involucra las dificultades en la creación y recuperación de HNB, el uso de procedimientos aritméticos inmaduros acompañados de una alta frecuencia de errores, y las dificultades para comprender los conceptos aritméticos (Butterworth y Reigosa, 2007). Estas debilidades pueden tener diferentes orígenes lo cual resulta importante para definir las posibles estrategias de estimulación e intervención. En este sentido, numerosos autores (Geary, et. al., 2000; Reigosa-Crespo et al., 2012; Mazzocco, 2007) distinguen la DD de las dificultades en el aprendizaje en matemática (DAM), siendo la DD un déficit específico, de origen neurobiológico, relacionado con el procesamiento numérico básico; mientras que las DAM se asocian a una dificultad en el aprendizaje de la matemática, que puede tener diversas causas, por ejemplo, de origen contextual (insuficiente exposición pedagógica o de baja calidad) o dificultades a nivel de procesos cognitivos de dominio general, tales como, la memoria de trabajo, el lenguaje oral y escrito, y el procesamiento espacial.

En lo que refiere al pronóstico en cada caso, las DAM pueden presentarse como dificultades transitorias si las causas son contextuales y ocurre una intervención adecuada sobre ellas. En contraste, la DD tiende a ser más persistente y severa, afectando significativamente el rendimiento matemático a largo plazo (Geary, et. al., 2000).

En un estudio realizado por Reigosa-Crespo, et. al. (2012) se reportó una prevalencia en la población escolar entre 7 y 14 años de 3,7% para la DD, mientras que la prevalencia de la DAM fue de 9,3% en la misma población escolar estudiada. También se constataron diferencias según el sexo en la DD: 4 varones por cada niña. No hubo diferencias por sexo en los estudiantes con DAM.

#### **2.2.1 Diferentes hipótesis sobre el origen de la Discalculia del Desarrollo**

Partiendo de diferentes perspectivas teóricas, se han establecido una serie de teorías que se proponen explicar cuáles son los mecanismos cognitivos que subyacen a la DD (Castro-Cañizares et. al., 2009; Benavides-Varela, 2021).

### **2.2.1.1 El déficit en procesos de dominio general**

Esta hipótesis sostiene que las dificultades implicadas en el perfil de DD se producen debido a un déficit en procesos cognitivos de dominio general. Se apunta hacia un funcionamiento debilitado de la memoria de trabajo, la memoria semántica, el procesamiento visuoespacial y las habilidades de razonamiento verbal (Castro-Cañizares, et. al., 2009).

La memoria de trabajo supone un soporte temporal para la información mientras se efectúan tareas cognitivas complejas. Han sido presentadas evidencias que respaldan la relación estrecha entre el aprendizaje y la realización de habilidades matemáticas con la memoria de trabajo (Swanson y Beebe-Frankenberger, 2004). De acuerdo con varios autores, entre ellos Szücs y Goswami (2013) y Swanson y Beebe-Frankenberger (2004), los niños con DD tienen dificultades para mantener y manipular información numérica en su memoria a corto plazo, lo que dificulta el aprendizaje y la realización de tareas matemáticas. Por el contrario, otros investigadores no han encontrado diferencias en ninguna de las mediciones de span (Landerl et al., 2004), o sólo una reducción en el span de dígitos regresivo cuando la DD está asociada a déficit en la lectura (Geary et al., 2000).

Otro de los procesos debilitados implica a la memoria semántica, que supone la capacidad de almacenar y recuperar información sobre conceptos matemáticos y sus relaciones. Este déficit en la DD puede manifestarse en dificultades para crear y recuperar HNB y para entender y aplicar conceptos matemáticos abstractos, como las fracciones (Castro-Cañizares, et. al., 2009). Asimismo, los niños con DD pueden tener un déficit en la memoria semántica, que afecta la capacidad de almacenar y recuperar información relacionada con conceptos matemáticos y cómo estos interactúan. La memoria semántica también es importante para la comprensión de los conceptos matemáticos y la resolución de problemas, ya que permite a los niños recuperar información útil y necesaria para resolver una tarea. Asimismo, pudiera explicar las dificultades de lectura que frecuentemente se encuentran en la DD (Geary y Hoard, 2001). Un problema con esta hipótesis surge de las evidencias que indican que los sistemas de memoria semántica para la información numérica y no numérica se localizan en áreas funcionales y estructurales diferentes del cerebro (Thioux et al., 1999). Esta disociación funcional y anatómica entre ambos sistemas de memoria semántica cuestiona que el mismo déficit semántico pueda explicar tanto las dificultades matemáticas como las de lectura.

En cuanto al procesamiento visuoespacial, esta hipótesis sugiere que los niños con DD pueden presentar una representación del espacio deficiente, lo que implicaría dificultades en la representación de las magnitudes en la línea numérica mental. Resulta entonces posible que el déficit en el procesamiento espacial pueda afectar la representación espacial de la magnitud numérica en esa recta mental. Esto explicaría por qué a los niños con DD les cuesta comparar números en la recta numérica o entender cómo éstos se relacionan. Sin embargo, no hay evidencias concluyentes que muestren que el déficit en el procesamiento visuoespacial, por sí solo, sea capaz de producir la DD (Castro-Cañizares, et. al., 2009).

En síntesis, la hipótesis del déficit en los procesos de dominio general propone que la DD se debe a un desarrollo deficiente de los procesos mentales de dominio general. Los hallazgos a favor de esta hipótesis vistos a la luz de la DD primaria y secundaria sugieren que estos niños tienen una DD secundaria (Kaufmann et al., 2013; Price y Ansari, 2013).

### **2.2.1.2 El déficit en la representación mental de la magnitud numérica *per se***

Esta hipótesis sostiene que el déficit fundamental de la DD se debe a una representación mental defectuosa de las magnitudes numéricas. Por tanto, asume que la DD es el resultado de un fallo en el desarrollo de sistemas especializados del cerebro responsables del procesamiento de las cantidades numéricas. Siguiendo este enfoque se han desarrollado dos propuestas: la hipótesis del módulo numérico defectuoso (Butterworth, 2010; Butterworth y Reigosa, 2007; Landerl et al., 2004) y la hipótesis del déficit en el sentido numérico (Wilson y Dehaene, 2007).

La hipótesis del “módulo numérico defectuoso” plantea que la DD es el resultado de un déficit en el código numérico interno que representa cada cantidad exactamente como un conjunto de elementos discretos dentro y por encima del rango de números pequeños (Butterworth y Laurillard, 2010; Zorzi et al., 2005). La representación y manipulación de las cantidades discretas es responsabilidad del “módulo numérico” que actúa como un detector innato de estas numerosidades y, de conjunto con la estimulación cultural, permite desarrollar las competencias y habilidades en matemática (Butterworth, 2010).

Esta hipótesis ha recibido apoyo proveniente de estudios donde los niños con DD presentaban un déficit selectivo en tareas de estimación de numerosidades (conjuntos

presentados visualmente) y de comparación de dígitos (Ostad, 1999). Resultados similares se muestran en un estudio comparativo entre niños con desarrollo típico y con DD entre 6 y 7 años, donde se encontraron pequeñas, pero sistemáticas, diferencias de grupo en tareas de comparación de magnitudes (Landerl et al., 2004). No obstante, otras evidencias no la han sustentado, pues se ha constatado que los niños pequeños responden a las cantidades continuas y no realmente a cantidades discretas (Feigenson et al., 2002), o a cantidades aproximadas y no a las exactas (Mix et al., 2002). En consecuencia, se ha propuesto la segunda variante de la hipótesis del déficit en la representación numérica.

La hipótesis del “déficit en el sentido numérico” establece que la dificultad se encuentra en el desarrollo del sentido del número. Los autores a favor de esta hipótesis entienden el sentido del número como la capacidad de representar cantidades continuas (representación analógica y aproximada de la cantidad) y de relacionarlas con sus correspondientes palabras-número como antecedente del desarrollo posterior de representaciones para las numerosidades discretas de magnitud mayor que cuatro. A diferencia de la hipótesis previa que no vincula el desarrollo de las capacidades numéricas con el desarrollo del lenguaje, en la hipótesis del déficit en el sentido numérico, las dificultades en la adquisición del lenguaje afectarán la comprensión del número (Dehaene, 2001).

### **2.2.1.3 El déficit en el acceso a la representación mental de la magnitud numérica**

La hipótesis del “déficit de acceso” (Rousselle y Noël, 2007) establece que la DD es causada por una conexión defectuosa entre los símbolos (arábigos y palabras-número) y las representaciones de magnitud subyacentes. Por lo tanto, la DD no se debe a un déficit en el SNA *per se* (Rousselle y Noël, 2007; véase también Wilson y Dehaene, 2007). De Smedt y Gilmore (2011), Landerl y Kölle (2009) y Rousselle y Noël (2007) informaron que los niños con DD mostraban problemas con la comparación simbólica de magnitudes numéricas, pero un desempeño normal en la comparación no simbólica de magnitudes numéricas. Aunque Skagerlund y Träff (2016) encontraron un subgrupo de niños con DD que mostraban una agudeza del SNA deficiente, también se identificó otro subgrupo que mostraban un SNA intacto, pero tenían dificultades para acceder a la representación semántica subyacente de los símbolos. Esto llevó a los autores a sugerir que la DD es una discapacidad heterogénea con

diferentes subtipos, incluido uno caracterizado por un déficit de acceso (Skagerlund y Träff, 2016).

Estudios recientes de neuroimagen han concluido que la DD se puede describir mejor como un síndrome de desconexión (Rykhlevskaia et al., 2009; Ranpura et al., 2013) en el que el biomarcador neurocognitivo principal probablemente se puede rastrear hasta un patrón de conectividad aberrante entre las regiones del cerebro. Estos estudios de neuroimagen han utilizado imágenes de tensor de difusión (DTI) para explorar la integridad de la materia blanca en el cerebro en sujetos con y sin DD. El desarrollo de la materia blanca es un aspecto importante de la maduración del cerebro, refleja la conectividad entre las áreas del cerebro y está asociado con el aprendizaje (Ranpura et al., 2013). Por ejemplo, Rykhlevskaia et al. (2009) encontraron que sus participantes exhibían cambios morfométricos en materia blanca en las regiones temporal-parietales. Un análisis de redes llevó a estos investigadores a sugerir que la DD es un síndrome de desconexión (ver también Kucian et al., 2014).

Otro estudio se centró en la trayectoria de desarrollo de la materia gris y blanca, donde los niños con DD no mostraron aumentos en la materia blanca en los lóbulos frontales ni en los lóbulos parietales en función de la edad, lo que sí se pudo observar en los controles (Ranpura et al., 2013). Esto puede sugerir que los lóbulos frontales no se conectan adecuadamente con los lóbulos parietales durante el desarrollo ontogenético. Los lóbulos parietales constan de estructuras clave, como el surco intraparietal y el giro angular. Se cree que el giro angular está involucrado durante la recuperación de hechos aritméticos y el procesamiento semántico de símbolos numéricos (Ansari, 2008; Ranpura et al., 2013). Estos estudios de neuroimagen respaldan la noción de que el DD es, al menos en parte, un síndrome de desconexión. Estos individuos con DD pueden tener dificultades para recuperar hechos aritméticos y acceder a las representaciones de magnitud no simbólica, incluso si las representaciones mismas y los loci corticales que las sustentan están intactos. Por lo tanto, estos hallazgos pueden ser compatibles con la hipótesis del déficit de acceso, aunque esto debe continuar verificándose empíricamente.

### **2.2.2 Estado del arte de la intervención de la Discalculia del Desarrollo**

Evidencias provenientes del campo de las neurociencias y las ciencias cognitivas han realizado contribuciones significativas para el entendimiento de cómo se desarrolla la competencia numérica y sus dificultades, lo que permite contar con insumos para el diseño de estrategias de intervención (Torresi, 2018). La neuroimagen ha sido una herramienta de uso

frecuente para la evaluación de las intervenciones en la Dislexia del Desarrollo, lo cual aún se espera que suceda para con la DD; aspecto este que representa una desventaja marcada (Butterworth y Laurillard, 2010). Por su parte, Yen-Looi, (2016) plantea que las intervenciones basadas en las neurociencias pueden ser efectivas para mejorar las habilidades matemáticas, pero se requiere de más investigaciones para comprender mejor su durabilidad y transferencia a contextos educativos.

A pesar de los consensos teóricos respecto a la importancia de los símbolos para el desarrollo numérico temprano, existen pocos estudios que han intentado entender cómo ocurre la relación entre la adquisición de los sistemas simbólicos y las nociones numéricas previas a través de intervenciones focalizadas. Por otra parte, algunos estudios se han centrado en intervenir sobre las habilidades aritméticas mediante representaciones numéricas simbólicas con un adecuado rigor metodológico, pero la mayoría reporta la intervención de una gran variedad de habilidades simbólicas y no simbólicas a través de diseños que imposibilitan determinar con claridad cuáles procesos o mecanismos son los que producen cambios significativos en las habilidades matemáticas de los niños (Hyde et al., 2021).

La intervención basada en la tecnología es una forma efectiva de trabajar estas habilidades. Permite la manipulación de los símbolos, siendo esencial para lograr su comprensión y posterior manejo en abstracto. Asimismo, permite recibir retroalimentación intrínseca a la acción, lo cual promueve la comprensión de sus consecuencias. Estos aspectos deberían favorecer la comprensión de los números y sus relaciones. Según Butterworth y Laurillard (2010), este tipo de intervención ofrece una práctica orientadora, diseños adaptables ajustados a la edad, motivadores y significativos. También, a efectos de su evaluación, son controlados, consistentes, automatizados y generan registros precisos y continuos que otorgan datos robustos.

Por otra parte, Reynvoet, et. al. (2021) realizaron una meta-revisión sobre las intervenciones en matemática mediante la cual trataron de responder ciertas interrogantes sobre la estructura y aplicación de dichas intervenciones. Con relación al momento oportuno para la implementación de una intervención en matemática, encontraron que la efectividad ocurre en todas las edades pues no se encontraron diferencias significativas basadas en la edad de los niños. Sin embargo, a partir de un meta-análisis, Nelson y McMaster (2019) encontraron que las intervenciones tempranas en los procesos de numeración tuvieron efectos positivos significativos en el rendimiento numérico de los estudiantes. Estas intervenciones

mostraron mejoras en habilidades específicas, como la comprensión de números, la fluidez aritmética y la resolución de problemas matemáticos. Con base en estos resultados, los autores plantean la necesidad de priorizar la detección temprana y la prevención de dificultades matemáticas en la educación.

Con respecto a cómo deben ser diseñadas las intervenciones en matemática para ser efectivas, Reynvoet, et. al. (2021) encontraron que la intervención en una amplia gama de contenidos - numeración, resolución de problemas, aritmética, fracciones, entre otros - eran igual de efectivas. Los autores revelaron que no se observó consenso en cuánto a la duración que deben tener las intervenciones. Según los resultados de la meta-revisión, uno de los métodos de instrucción más efectivos es la instrucción directa. No obstante, reconocen que, de acuerdo con algunos estudios, la instrucción directa era más efectiva dependiendo del contexto y contenido de la intervención. Por su parte, Nelson y McCaster (2019) encontraron que las intervenciones más efectivas fueron aquellas que se centraron en habilidades numéricas específicas y utilizaron métodos de enseñanza directa y práctica repetitiva. También las intervenciones digitales y los enfoques de aprendizaje combinados mostraron resultados prometedores.

A modo de síntesis, estos estudios metaanalíticos (Reynvoet, et. al., 2021; Nelson y McCaster, 2019) destacan la necesidad urgente de revisar las intervenciones a nivel metodológico y a la luz de los conocimientos aportados por las investigaciones en el área, para lograr los estándares propios de las intervenciones basadas en la evidencia. Los autores enfatizan la importancia de la detección temprana y la prevención en el abordaje de las dificultades en matemática. Asimismo, sugieren enfocar las intervenciones en las habilidades numéricas tempranas, mediante el uso de instrucciones directas y de ser posible, en combinación con tecnologías digitales para fomentar la motivación y el interés en la tarea, elementos esenciales para la consolidación de aprendizajes.

En cuanto a lo que sucede en el contexto nacional, en Uruguay existen principalmente dos líneas independientes que desarrollan estudios sobre la intervención en números y matemática. Por un lado, se han generado algunos trabajos focalizados en la intervención de las dificultades en el aprendizaje del cálculo por parte de la Universidad Católica del Uruguay (UCU). Por otro lado, la línea de cognición numérica en la Facultad de Psicología de la Udelar ha puesto el foco en la estimulación del SNA a través del uso de las tecnologías (ver Koleszar et al., 2020 para una revisión del tema).

### **3. Objetivos**

#### **3.1 General**

Evaluar los efectos de una intervención neurocognitiva basada en la evidencia en un caso único con signos de Discalculia del Desarrollo.

#### **3.2 Específicos**

- a) Obtener el perfil neuropsicológico de un caso con signos de DD de acuerdo con el enfoque conceptual del estudio.
- b) Determinar la naturaleza de la intervención numérica con base en el perfil neuropsicológico del caso.
- c) Diseñar la intervención utilizando juegos digitales basados en la evidencia y con resultados publicados.
- d) Analizar los efectos de la intervención a partir de las hipótesis establecidas en el estudio.

### **4 - Materiales y método**

#### **4.1 - Muestra**

Se seleccionó un caso, tomando en cuenta su perfil neuropsicológico, según el enfoque manejado para identificar la DD: a) funcionamiento cognitivo general dentro del rango típico, b) pobre desarrollo de habilidades numéricas básicas, c) habilidades académicas descendidas en el área de la matemática, d) lenguaje oral conservado e) habilidades académicas conservadas en el área del lenguaje escrito y f) ausencia de alteraciones sensoriales o emocionales.

El contexto de selección del participante correspondió al entorno clínico de atención psicopedagógica. Tras ser aceptada su participación por parte de los adultos a cargo, se procedió a otorgar el consentimiento informado a la madre y el asentimiento del menor al niño; así como también se obtuvo el consentimiento por parte del centro clínico donde se llevaría a cabo el estudio.

El caso seleccionado (caso BS, a partir de ahora) fue un niño de 6 años 8 meses al momento de inicio de la intervención, quien se encontraba cursando 1º grado de Educación Primaria.

## **4.2 – Juegos digitales utilizados en la fase de intervención**

### **4.2.1 - La carrera de los Números**

#### **4.2.1.1 - Principios conceptuales**

La Carrera de los Números (CN) es un juego digital adaptativo desarrollado por Wilson y Dehaene (2004), ( <http://www.thenumberrace.com/nr/home.php?lang=en> ) que posibilita la intervención de los conceptos numéricos básicos y la transición a la aritmética: diferentes formatos numéricos, el conteo y la adición y sustracción en rangos de 1 al 10. Fue diseñado para niños de entre 4 y 8 años, con el objetivo de trabajar, específicamente, en el fortalecimiento de los mecanismos cognitivos encargados de la representación y manipulación de los números en sus tres formatos: analógico, arábigo y verbal para sedimentar: a) el acceso a la semántica del número a través de sus distintas representaciones simbólicas, b) la comprensión del carácter operatorio de los números y c) la automatización de los hechos numéricos básicos de suma y resta.

El diseño del software sigue una serie de principios básicos. Por un lado, el principio fundamental es el mejoramiento del sentido numérico, según lo establece Dehaene, (2007). Un segundo principio enfatiza la conexión entre las representaciones analógicas y simbólicas de las cantidades. Esto se realiza mediante dos procedimientos: en uno se lleva a cabo un proceso de andamiaje, donde el niño debe acercarse progresivamente a las representaciones simbólicas para poder comparar los números; mientras que el otro, implica una “asociación repetida” donde se expone al niño en simultáneo a todos los formatos en que puede representarse una cantidad, posterior a la respuesta dada (Wilson et. al., 2006). Asimismo, el juego sigue los fundamentos teóricos que apuntan a que el origen de la DD responde a una dificultad en el acceso a las representaciones mentales de las magnitudes numéricas o la semántica del número (Sistema Analógico, en el Modelo de Triple Código) a través de las representaciones simbólicas de dichas magnitudes (Sistema Fonológico Verbal y Sistema Visual Árabe, en el Modelo del Triple Código). El tercer principio supone la conceptualización y automatización de la aritmética básica, incorporando un plazo de respuesta que se va adaptando al desempeño del niño, lo cual implica un empuje para el mejoramiento de la velocidad en la respuesta. Esto implicó el uso de un algoritmo adaptativo que fue programado para ajustar el nivel de dificultad manteniendo siempre una tasa de 75% de éxito, colaborando además con la reducción de la ansiedad que genera enfrentarse a la

dificultad creciente (Wilson et. al., 2006). Por último, el diseño se basó en el principio de maximizar y mantener la motivación mediante la administración constante de *feedback* positivo.

#### 4.2.1.2 - Descripción del juego

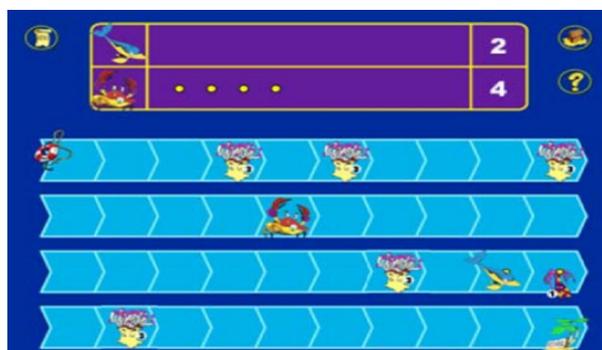
Al inicio del juego, se especifica el nombre del jugador. Previo a comenzar con las actividades, el niño decide si prefiere jugar bajo el mar o en la jungla. Ambos contextos contienen diferentes gráficos acordes a la temática; sin embargo, la lógica del juego y su nivel de dificultad son iguales.

Una vez seleccionado el contexto, aparecen las instrucciones para el jugador en la siguiente pantalla las cuales se administran en formato oral y se pasa a la próxima pantalla, donde el niño elige con qué personaje jugará. Al principio solo un personaje se encuentra disponible, el resto se encuentran bloqueados; una vez que el jugador avanza y adquiere las recompensas del juego, puede desbloquear y utilizar otros personajes.

El objetivo del juego es ganar la carrera al contrincante - personaje controlado por el juego (figura 2). El jugador y el contrincante avanzan, por turnos, la cantidad de casillas según el número seleccionado. El jugador debe elegir el número más grande de entre dos opciones, para poder avanzar más casillas que su contrincante.

#### Figura 2.

*Momento de avanzar casillas según la numerosidad seleccionada durante la comparación en cualquiera de los tres formatos (analógico, visual-arábigo y mediante operaciones aritméticas simples).*

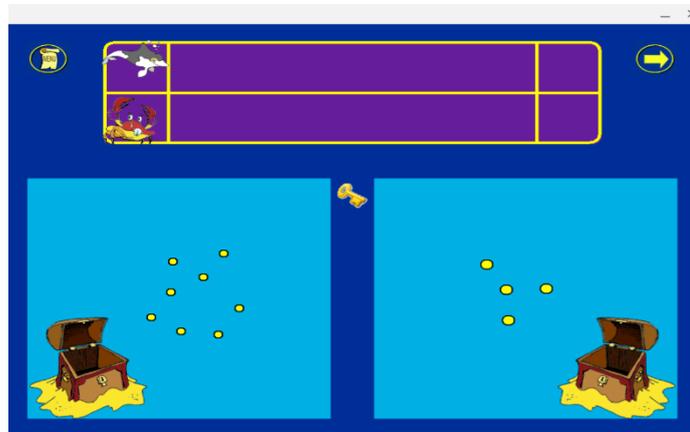


El juego presenta los números en todos los formatos: analógico (conjuntos), arábigo y auditivo verbal. Al inicio, el juego presenta conjuntos de objetos (figura 3), avanzando

gradualmente a números en formato visual arábigo (figura 4), hasta llegar a las operaciones aritméticas simples (figura 5); acompañado en cada caso por las palabras-número correspondientes a través del audio del juego. Al momento de avanzar en las casillas, el jugador debe contar junto a la voz guía, avanzando cada vez un lugar, lo que permite reforzar las habilidades de seriación numérica. A medida que el jugador avanza, el nivel de dificultad en cada nivel aumenta.

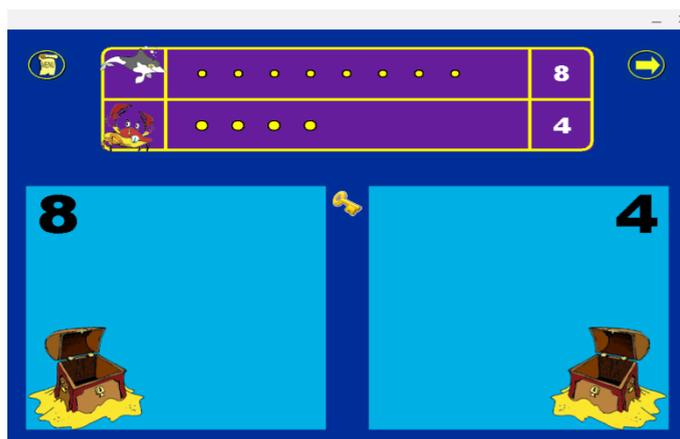
**Figura 3.**

*Formato de representaciones analógicas*



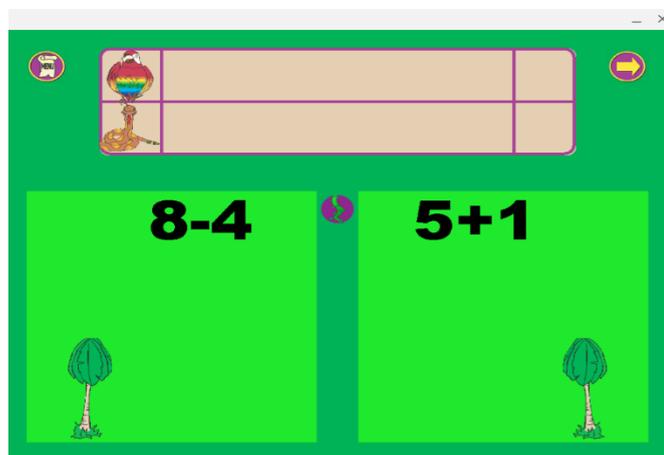
**Figura 4.**

*Formato de números arábigos*



## Figura 5.

*Formato de operaciones aritméticas simples*



### 4.2.1 Number Beads

#### 4.2.2.1 - Principios conceptuales

Number Beads (NB) es un juego digital diseñado por Laurillard (2016) (<https://funmaths.research.sc/admin/login>). De manera similar a CN, este juego tiene como objetivo el desarrollo de los mecanismos cognitivos implicados en la representación y manipulación de los números en sus tres formatos: analógico, arábigo y verbal, con el objetivo de sedimentar: a) el acceso a la semántica del número a través de sus distintas representaciones simbólicas, b) la comprensión del carácter operatorio de los números y c) la automatización de los hechos numéricos básicos de suma y resta.

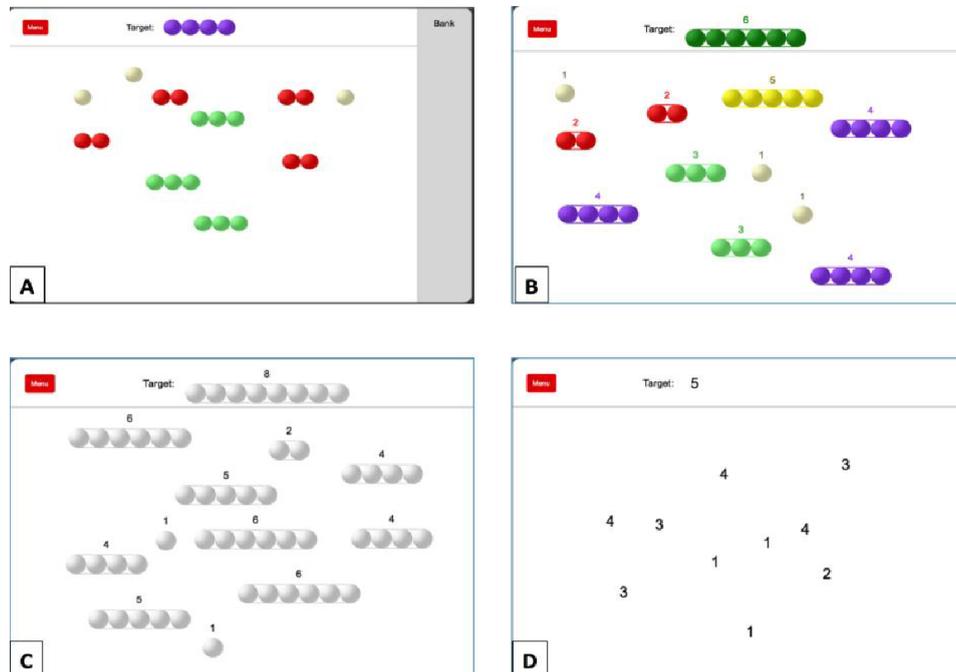
La intención de NB es proporcionar un entorno digital, un "micromundo" en el que los niños manipulan representaciones virtuales de conceptos matemáticos vinculándolos a los símbolos abstractos de las matemáticas formales de manera que tengan más significado personal para ellos. Lo hace comenzando con representaciones concretas de conjuntos de cuentas de colores, sin mencionar los números, lo que permite que el niño preste atención simplemente a hacer coincidir la longitud del conjunto objetivo, con el color como un indicador útil de coincidencia.

La progresión utiliza una estrategia de andamiaje y desvanecimiento (van de Pol et al., 2010), a través de cuatro formatos diferentes: el andamiaje del vínculo entre conjuntos y

números arábigos, y luego el desvanecimiento de la dependencia del color y luego de la longitud, hasta que el formato final son simplemente números arábigos. La progresión de conjuntos a dígitos en NB es la siguiente: A = Formato 1, los conjuntos comprenden cuentas de colores; B= Formato 2, cuentas de colores con un dígito que indica el número; C= Formato 3, cuentas sin color con dígitos; D= Formato 4, solo dígitos. En los formatos A, B y C los conjuntos se pueden unir o dividir en dos, en el formato D se realizan movimientos explícitos de suma y resta (figura 6). Cuando, a través de las acciones se construye un conjunto o dígito objetivo, se agrega una estrella al banco de la derecha, hasta que el niño haya recolectado 12 estrellas en una ronda. Estas acciones le permiten al niño centrarse explícitamente en la estructura interna de los números y en su carácter operatorio, es decir, los números se pueden combinar o dividir para formar otros números.

**Figura 6.**

*Formatos de los estímulos utilizados en Number Beads*



#### 4.2.2.2 - Descripción

En NB, el jugador debe hacer coincidir la cardinalidad de un conjunto que se muestra en la parte superior combinando o dividiendo conjuntos que aparecen en la pantalla usando acciones de unir, dividir, sumar y restar, en dependencia del nivel del juego en el cual se encuentre (figura 4). La retroalimentación consiste en mostrar al jugador el resultado de su acción, lo que le permite comprender la relación entre los conjuntos a manipular y cómo el resultado de sus acciones sobre ellos hace que pueda llegar (o no) al conjunto objetivo que fue establecido.

El juego tiene 9 niveles, y progresa adaptativamente a través de los niveles con los números del 2 al 10 y dentro de cada uno de los cuatro formatos. Después que el jugador completa doce objetivos de acción o aciertos, puede avanzar al siguiente nivel, o si el jugador ha completado todos los niveles en ese formato, puede avanzar al siguiente formato. El programa ajusta el criterio de progresión al desempeño del alumno, en términos de la cantidad de acciones que se requieren para completar un nivel. En todos los casos, los datos del jugador se recopilan automáticamente en línea para su posterior análisis utilizando la plataforma Gorilla ( [www.gorilla.sc](http://www.gorilla.sc) ) (Anwyl-Irvine et al., 2020).

Si bien ambos juegos están enfocados en el desarrollo de aspectos similares de la cognición numérica, ellos se basan en diferentes enfoques pedagógicos. El principio pedagógico de CN es la instrucción a través de la cual proporciona un ambiente estructurado y predecible, donde el niño se enfrenta a una dinámica de respuesta por selección múltiple, mientras que NB se basa en un principio constructorista, tal y como plantea Seymour Papert (Papert y Harel, 1991), que implica un proceso de construcción de acciones por parte del niño en un micromundo matemático. Por tanto, a diferencia del juego CN que pone el foco en el aprendizaje mediante instrucciones, NB está mucho más cerca del tipo de aprendizaje que se realiza a través de la construcción de las acciones. No resultó ser objetivo de esta investigación testear la efectividad de ambos enfoques, razón por la cual los resultados de la intervención con estos juegos no se analizan por separado.

### **4.3 - Instrumentos utilizados en la evaluación de la efectividad de la intervención**

#### **4.3.1 - Panamath (Halberda y Ly, 2010)**

Es un test diseñado para medir el estatus del SNA, es decir, la precisión o “nivel de ruido” de las representaciones mentales de las magnitudes numéricas. Se muestran dos conjuntos de puntos de dos colores diferentes (azul y amarillo), durante dos segundos para evitar el conteo, por esa razón se trata de una tarea de estimación no simbólica de cantidades numéricas (figura 7). Para reducir las inferencias sobre la magnitud numérica a partir del comportamiento de magnitudes no numéricas presentes en los estímulos (p. ej., el área acumulada de los puntos), la mitad de los ensayos tienen áreas acumulativas congruentes con el número de puntos y la otra mitad incongruentes.

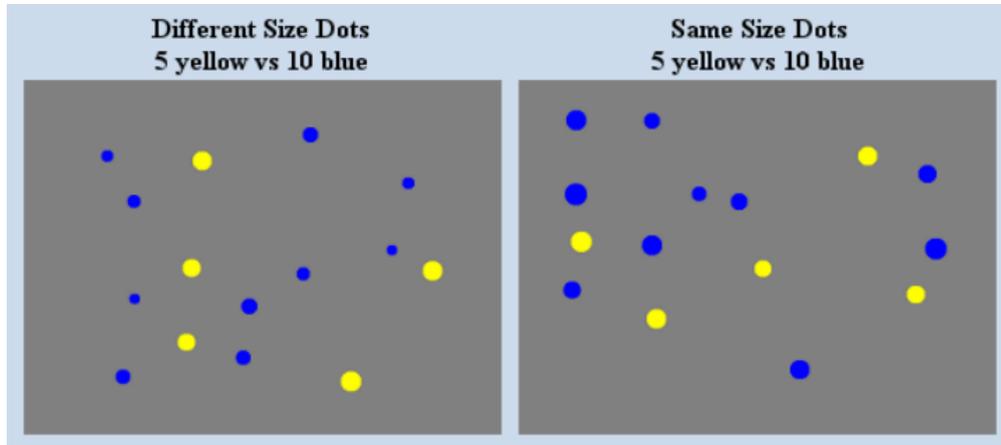
El nivel de dificultad de la tarea se ajusta al rendimiento de cada sujeto, por lo que es aplicable a un amplio rango de edades (3 años - 85 años). Para medir la actuación del SNA se manipula sistemáticamente la ratio entre las dos numerosidades que están siendo comparadas. Debido a la organización de las representaciones de las magnitudes en la línea mental numérica, a mayor ratio entre los números, resulta más fácil realizar la comparación; por ejemplo, es más fácil comparar conjuntos de 10 y 20 puntos (ratio=2), que conjuntos de 20 y 30 puntos (ratio=1,5) para decidir cuál es el conjunto mayor (Simms, et. al., 2016).

En este estudio se utilizó la versión en línea de la prueba (<https://panamath.org/test/consent.php>). Inicialmente, se ingresó la edad del sujeto y ciertas características asociadas a sus habilidades académicas y desempeño escolar. Durante la realización del test se añade una barra que representa gráficamente el porcentaje de tarea realizada y aquel que queda por realizar.

Al finalizar la ejecución del test, se obtiene un informe con una serie de resultados relacionados al rendimiento atendiendo a los aciertos y el tiempo de respuesta. La performance es descrita a través de la Fracción de Weber y el Efecto de Ratio. Ambos indicadores se comparan con baremos según edad.

**Figura 7.**

*Tarea de reconocimiento de la numerosidad de dos conjuntos de puntos incluyendo la variable “tamaño de los puntos” para excluir sesgos perceptivos.*



#### **4.2.2 - Test para el diagnóstico de las competencias básicas en matemáticas: Tedi-Math (Grégoire, Noël y Van Nieuwenhoven, 2015)**

De esta batería de pruebas, se seleccionaron las pruebas 3.A.2: Comparación de números arábigos y 6.B: Tamaño relativo.

La subprueba de comparación de números arábigos evalúa el acceso a las representaciones mentales de las magnitudes numéricas a través de los símbolos numéricos en formato arábigo (números hasta cuatro cifras). En esta prueba el niño debe indicar, a partir de dos números arábigos, cuál es el mayor (figura 8). La subprueba consta de 18 estímulos y un ítem de ejemplo al inicio.

**Figura 8.**

*Protocolo de Tedi Math. Prueba 3.A.2 “Comparación de números arábigos”, consigna y estímulos.*

*Te voy a enseñar dos números y tú debes decirme cuál es el más grande. Por ejemplo, si te enseño este número (5) y este otro (3), tú debes señalar éste (5) porque 5 es más grande que 3. ¿Lo has comprendido?*

	Ítems	Respuesta	Puntuación	
9	2 / 6		1 - 0	<p>3° El periodo 2 y superior</p> <p>3° El periodo 2: Aplique solo los cuatro primeros elementos (hasta el ítem 12).</p> <p>1° EP periodo 1: Aplique solo los ocho primeros elementos (hasta el ítem 16).</p> <p>De 1° EP periodo 2 en adelante: se aplican todos los elementos.</p> <p>Desde 1° EP periodo 1 para después de cinco fallos consecutivos.</p>
10	4 / 5		1 - 0	
11	8 / 7		1 - 0	
12	9 / 3		1 - 0	
13	16 / 11		1 - 0	
14	13 / 14		1 - 0	
15	60 / 50		1 - 0	
16	40 / 90		1 - 0	
17	59 / 73		1 - 0	
18	42 / 38		1 - 0	
19	109 / 180		1 - 0	
20	403 / 420		1 - 0	
21	689 / 723		1 - 0	
22	370 / 308		1 - 0	
23	2.769 / 3.451		1 - 0	
24	5.213 / 4.768		1 - 0	
25	5.301 / 5.042		1 - 0	
26	6.089 / 6.709		1 - 0	

La subprueba de tamaño relativo evalúa la precisión en el acceso a las representaciones mentales de las cantidades numéricas en la línea mental numérica cuando este acceso se realiza a través de los símbolos en formato arábigo (números hasta dos cifras). Al niño se le presenta un número arábigo y debajo de éste, dos más, a partir de lo cual se le solicita que elija cuál de los dos números se encuentra más cercano al número inicial (figura 9). La subprueba consta de 12 estímulos y un ítem de ejemplo al inicio.

Se obtienen los porcentajes acumulativos al comparar los resultados en ambas pruebas con sus baremos correspondientes.

## Figura 9.

Protocolo de Tedi Math. Prueba 6.B “Tamaño relativo”, consigna y estímulos.

Te voy a enseñar tres números. Dos están abajo y uno arriba. ¿Puedes decirme cuál de estos números es más cercano a este otro? (Señalar el número de arriba)

	Ítem	Respuesta	Puntuación
1	4 / 5 y 9		1 - 0
2	2 / 7 y 4		1 - 0
3	8 / 7 y 3		1 - 0
4	9 / 5 y 7		1 - 0
5	7 / 3 y 9		1 - 0
6	3 / 8 y 2		1 - 0
7	5 / 3 y 9		1 - 0
8	6 / 8 y 1		1 - 0
9	32 / 59 y 24		1 - 0
10	48 / 57 y 15		1 - 0
11	61 / 53 y 99		1 - 0
12	79 / 48 y 86		1 - 0

1° EP periodo 1 y superior

Aplique todos los elementos

Total 6.B.:

### 4.2.3 - Prueba Uruguaya de Matemática: PUMA (CICEA, 2020)

PUMA es una batería de pruebas elaborada por el equipo de Cognición Matemática del Centro Interdisciplinario en Cognición para la Enseñanza y el Aprendizaje. La misma evalúa, mediante una serie de minijuegos, habilidades matemáticas relacionadas con la comparación aproximada de magnitudes, la rotación mental, la serie numérica progresiva y regresiva, el conteo, la transcodificación, el cálculo mental, patrones visuales y la descomposición numérica. PUMA es apropiada para niños de entre 5 y 7 años; puede ser aplicada de forma individual o grupal y se realiza de forma autoadministrada, mediante dispositivos digitales (tablet).

Para este estudio se seleccionó la prueba de cálculo mental, la cual evalúa la fluidez en la realización de sumas y restas mentalmente. La performance en esta prueba permite determinar si el niño comprende el carácter operatorio de los números y cuáles son las estrategias de cálculo mental que utiliza (de conteo o de recuperación en memoria).

PUMA presenta las actividades en formato lúdico, con tres personajes - dos alumnos y la maestra - quienes recorren el país y realizan diferentes paradas en su viaje, las cuales se corresponden a las diferentes tareas propuestas. En el caso de la prueba de cálculo mental, el personaje se encuentra en un museo y debe calcular cuántos animales comían los indios charrúas. En la pantalla se muestran dos cartas con números arábigos del 1 al 10, las cuales el niño debe sumar mentalmente y seleccionar el resultado correcto (figura 10). La tarea consta de 34 ensayos y cada respuesta correcta suma 1 punto. El puntaje final de la tarea se

determina a partir de la suma de ítems correctos. Se obtuvieron los aciertos y errores del participante en relación con cada estímulo presentado, así como el tiempo de respuesta en milisegundos para cada ítem y para el total de la prueba.

**Figura 10.**

*Tarea de Cálculo mental de la prueba PUMA*



#### 4.4 - Procedimiento

Se realizó un estudio de caso con un diseño AB o de tipo pretest/posttest, donde A corresponde a la fase de línea base, referencia o pretest y B corresponde a la fase de posttest. La fase B se repitió tres veces: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub> (figura 11). En ambas fases se utilizaron las siguientes pruebas: Panamath, Tedi-Math (pruebas 3.A.2 y 6.B) y PUMA (prueba de cálculo mental).

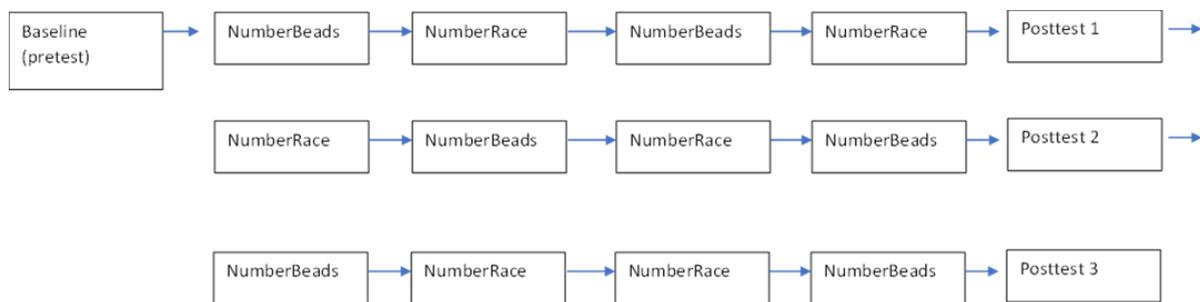
En la aplicación de Panamath se seleccionó el tiempo recomendado de 10 minutos. El test se realizó en dos momentos, con una pausa intermedia a los 5 minutos para evitar la fatiga de BS. El test se encuentra en idioma inglés. Para evitar respuestas erróneas vinculadas a una lentitud en la asociación del nombre del color en inglés (yellow/blue) con las teclas que debían ser presionadas para dar la respuesta se pegó un círculo de color amarillo sobre la tecla “y” y otro azul sobre la tecla “b”. Una vez que BS respondía, la investigadora presionaba la tecla “espacio” para pasar al siguiente estímulo.

La aplicación de los dos subtests de Tedi Math y de la prueba de cálculo de PUMA se realizó según las normas establecidas por los autores.

La intervención se realizó con los juegos CN y NC siguiendo la secuencia de administración que se muestra en la figura 11. El proceso de intervención se estableció con una frecuencia de dos sesiones semanales, de 30 minutos cada una, incluyendo una tercera sesión semanal cuando correspondiere la realización de un posttest. De esta forma, se planificó un total de 6 semanas de trabajo a partir de la fase A o de referencia (pretest).

**Figura 11.**

*Diseño de la intervención del caso BS*



La repetición de los posttest (fase B) busca la replicación de los posibles efectos de la intervención, contribuyendo así a garantizar la validez interna de los resultados. Esta condición permite reducir amenazas que pueden proceder de una confusión en el orden de precedencia de las variables, lo que se atenúa mediante la repetición en la manipulación activa de la variable independiente (las dos intervenciones: CN y NB) y en la medición correspondiente de su efecto (los resultados obtenidos en B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub> que constituyen las variables dependientes del estudio).

Asimismo, el diseño propuesto mitiga un posible efecto de eventos concomitantes a la intervención sobre los resultados ya que la repetición de fases reduce las probabilidades de que eventos extraños tomen lugar al mismo tiempo que las múltiples introducciones de la intervención dentro de un lapso temporal. La repetición de la fase B también contribuye a controlar otras amenazas sobre la validez interna del estudio, tales como, los cambios correspondientes a la maduración, regresión estadística - confusión entre el efecto de intervención y ocurrencias psicométricas que derivan de la selección del sujeto a partir sus

puntuaciones extremas - deserción de participantes, cambios en los métodos de evaluación de la variable dependiente o efectos aditivos e interactivos (Kratochwill, T. R., et al. 2010).

Las sesiones de evaluación e intervención fueron llevadas a cabo en contexto clínico, en el centro donde la investigadora realiza tareas de evaluación e intervención como psicopedagoga. BS no realizó con anterioridad un proceso de intervención psicopedagógica ni se efectuó ningún otro tipo de intervención sobre sus dificultades durante el tiempo transcurrido para el estudio.

Las sesiones fueron de carácter individual y se realizaron únicamente las actividades planificadas (figura 11). Los materiales de trabajo constaron de una mesa amplia - libre de distractores - dos sillas y la computadora con la cual se llevaron a cabo los juegos digitales propuestos para la intervención. En etapas de evaluación (fases A y B), se contó además con los materiales requeridos para la evaluación: hoja, lápiz, computadora, test.

Al momento de realizar la fase B<sub>3</sub>, no fue posible realizar la aplicación de Panamath, debido a que la página se encontraba fuera de servicio por motivos de actualización. Dado que esta situación se prolongó por un período de tiempo que afectaba la validez de la secuencia diseñada, se decidió no aplicar Panamath en la evaluación correspondiente a esta fase.

#### 4.5. Análisis de los resultados

Para el análisis se consideró como variable independiente la intervención con CN y NB de forma conjunta dado que ambos juegos digitales se enfocan en el desarrollo y consolidación de las mismas habilidades numéricas. Fueron consideradas como variables dependientes los indicadores de la performance de BS en los diferentes tests aplicados en las fases A y B del estudio, tal y como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Test utilizados en el estudio de intervención*

Test	Proceso	Medida
Panamath	Nivel de precisión de la representación mental de la magnitud numérica en el SNA	Fracción de Weber Efecto de ratio

	Velocidad en el procesamiento de la magnitud numérica por el SNA	Tiempo de respuesta
TEDI-MATH	Precisión en el acceso a las representaciones mentales de las magnitudes numéricas a través del símbolo	Porcentaje acumulado
PUMA	Velocidad en el cálculo simple (suma)	Tiempo de respuesta
	Precisión en el cálculo simple (suma)	Total de aciertos/errores

## 5 - Resultados

### 5.1 Perfil neuropsicológico de BS

#### Antecedentes

#### Personales:

Proceso gestacional cursado sin particularidades a destacar. Nacimiento a término por parto natural. Pesó al nacer 3,500 kgs. El resultado del Apgar se refiere normal. Tomó pecho. Referido a los hitos del desarrollo, se señala que adquirió la marcha autónoma al año y medio. No gateó, caminó directamente; se destaca como un niño cuidadoso de su cuerpo en el espacio. Logró el control de esfínteres en tiempo y forma. En cuanto al desarrollo del lenguaje oral, se refiere un comienzo tardío. Se relata que solía realizar sonidos y gestos y lograba comunicarse con los adultos, razón por la cual no comenzaba a hablar. Lo logró luego de los 2 años, y continuó un desarrollo normotípico. A la edad de 4 años fue intervenido de haya e hipospadia, siendo esta última complicada en cuanto a su recuperación. Se describe un proceso costoso para BS, que ocasionó el desarrollo de miedo hacia los médicos. Presenta estrabismo desde el nacimiento. Utiliza lentes desde el año de vida.

Respecto a su alimentación, la madre refiere dificultades. No es selectivo, pero no se alimenta lo suficiente, lo que conlleva dificultades en su crecimiento. No le fue indicado un tratamiento médico, más comenzaron a realizar dietas que prevengan posibles déficits nutritivos. En cuanto al sueño, se destacan también dificultades. Presenta pesadillas frecuentes y bruxismo. Se le indicó como normal para la edad, pero el mismo persiste.

Actualmente se espera el crecimiento de dos molares para indicarle el uso de una placa correctora de la forma de la mandíbula, la cual se vio afectada por las vegetaciones. La madre relata que suele presentar episodios de ira y angustia donde no comunica qué le sucede ni escucha al adulto que se le acerca. Se describen dificultades en cuanto a la puesta de límites. Asiste a tratamiento psicológico a raíz de la separación de sus padres en el año 2020.

### **Familiares:**

BS convive con su madre y dos hermanas de 20 y 23 años. Conviven también sus abuelos maternos. En 2020 sus padres se separan y BS pierde contacto con su padre, aunque recientemente se retomó el contacto.

### **Escolares:**

Comenzó su escolarización en Nivel 4 en un jardín, donde cursó hasta Nivel 5. Ingresó a 1° de primaria en la escuela a la cual asiste actualmente. Desde la escuela señalan que BS no logra adquirir los aprendizajes requeridos, atribuyendo esto a desinterés por parte del niño, quien se muestra únicamente interesado por el juego; lo observan disperso.

En abril del presente año se realiza un informe pedagógico del cual se destaca “por parte de ambas docentes, la preocupación respecto a su actitud desinteresada frente al aprendizaje, así como la dificultad para comprender consignas orales sencillas. Requiere constantemente que, ante una tarea dada en forma general, el adulto se acerque a él y le plantee la consigna con adecuaciones. Consideramos que no se han observado avances respecto a la situación inicial, sino que, por el contrario, a medida que se complejiza el aprendizaje más inseguro y “perdido” se encuentra BS es que se sugiere realizar consulta con Psicólogo”.

Durante la evaluación, BS se presentó como un niño alegre y curioso. Mantuvo, desde el inicio, una actitud de aceptación hacia el nuevo espacio logrando vincularse fluidamente con la técnica y separándose de su madre sin dificultades. Ante la propuesta de actividades, se mostró colaborador y curioso de saber qué se haría. Ante la dificultad, se mostró tolerante y persistió, logrando sostener el foco atencional y seguir las consignas de forma adecuada. Manifestó agrado e interés por asistir a las sesiones de evaluación y realizar las actividades propuestas.

### **Procesos cognitivos generales:**

Los procesos cognitivos generales, fueron explorados por la prueba WISC IV (Weschler, 2003). Existe una variabilidad inusualmente grande entre los índices IRP e IMO, que componen el CIT, lo cual dificulta el uso del CIT como medida de un dominio cognitivo unificado. Por ello, se utilizó el Índice de Capacidad General (ICG) el cual es igual a 87, Percentil 19.

Respecto al lenguaje oral, se evaluaron aspectos a nivel formal, semántico y pragmático. Obtiene un ICV de 80, Percentil 10, Categoría diagnóstica Promedio bajo. Existe un 95% de probabilidad de que su verdadero desempeño se encuentre entre 74-89. Este índice constituye una medida de la inteligencia cristalizada, que evalúa las habilidades para el procesamiento verbal. Implica la construcción de conceptos verbales, comprender las convenciones sociales y desarrollar juicios prácticos. En el nivel formal, no se observaron dificultades fonético-fonológicas, aunque se observó la presencia de dislalia (sigmatismo). A nivel semántico, se observaron debilidades a nivel del vocabulario expresivo (Vocabulario 5), logrando un mejor desempeño en habilidades de comprensión oral y generación de inferencias verbales (Comprensión 7, Semejanzas 8). A nivel pragmático, se destaca que ha interiorizado las pautas comunicativas y logra adecuarse al contexto comunicativo, lo cual se infiere de los intercambios durante las sesiones.

El índice de Razonamiento Perceptivo se corresponde con una categoría diagnóstica Promedio (IRP 98, Percentil 45). Éste índice explora las funciones cognitivas implicadas en el procesamiento simultáneo de la información, la organización perceptiva, las habilidades prácticas constructivas, la formación de conceptos no verbales y el análisis visual. Es pertinente destacar que es un índice no interpretable, debido que hay una diferencia de 5 puntos entre las puntuaciones escalares de los subtests Construcción con cubos (7) y Conceptos (12). Este patrón diferencial puede indicar mejor desarrollo de las habilidades de formación de categorías visuales frente a las habilidades viso-constructivas. En cuanto a las habilidades de integración perceptivo-motriz, se observó un desarrollo acorde a lo esperado. En el Test de Bender (Koppitz, 1980) obtuvo una EMPM de 6,6/6,11. Existe una diferencia significativa entre el ICV e IRP, lo cual podría indicar que las habilidades de comprensión verbal están menos desarrolladas que las habilidades de razonamiento perceptual.

El índice de Memoria Operativa se corresponde con una categoría diagnóstica Limítrofe (IMO 75, Percentil 28,5). Este índice explora las habilidades de atención, concentración y la capacidad de mantener información activa en la conciencia para producir un resultado. La memoria operativa es un componente esencial del Razonamiento Fluido, y de los procesos cognitivos superiores. Se encuentra, por lo tanto, en estrecha relación con la capacidad de aprender. Es pertinente señalar que este índice resulta no interpretable. Se observa una diferencia de 6 puntos entre las puntuaciones escalares de los subtests Retención de Dígitos (9) y Aritmética (3). El subtest Letras y Números alcanzó el criterio de eliminación debido a que BS manifestó desconocer la secuencia del abecedario, razón por la cual, se sustituyó éste por Aritmética en el cálculo del IMO. El patrón diferencial podría encontrarse relacionado a debilidades en el procesamiento numérico, frente al procesamiento de letras.

Con respecto al Índice de Velocidad de Procesamiento, BS obtuvo un puntaje de 91, Percentil 57, Promedio. Existe un 95% de probabilidades de que su verdadero desempeño se encuentre entre 83-102. Este índice evalúa las habilidades de percepción visual, la organización y la capacidad de usar respuestas grafomotoras de manera eficiente. En cuanto a las habilidades de atención visual sostenida, en la prueba Caras R (Thurstone y Yela, 2012), obtiene un Percentil 15 en el Índice de Eficacia, así como también obtiene un Percentil 5 en el Índice de Control de la Impulsividad. A partir de estos resultados, se observa un descenso en las habilidades de discriminación y de atención visual sostenida, acompañado de un perfil poco reflexivo.

### **Procesos cognitivos específicos:**

#### **Lectura:**

Los procesos de la lectura fueron evaluados a partir de la prueba Prolec-R (Cuetos, et al., 2007). Los procesos léxicos se encuentran funcionando de forma acorde a lo esperado en ambas rutas de acceso (Lectura de palabras, Lectura de pseudopalabras: Normal). En cuanto a la ruta de acceso léxica, obtiene niveles de precisión y velocidad que se categorizan como Normal. En cuanto a la decodificación mediante la vía subléxica, obtuvo ambos índices, de precisión y de velocidad, correspondientes con una categoría Normal. Se observa automatización en la decodificación.

Los procesos sintácticos fueron explorados por la prueba Estructuras gramaticales, en la cual obtiene un resultado que se ubica dentro de la categoría Dificultad leve. Cometió imprecisiones que dificultan el acceso preciso al significado de las oraciones, y errores que se relacionan a impulsividad en la resolución de la tarea.

Por último, respecto al procesamiento semántico, en la prueba Comprensión de oraciones obtiene un resultado que se clasifica como Dificultad leve. Se observó cierta impulsividad que pudo haber condicionado su desempeño. Frente a algunos errores, realizó autocorrecciones. En la prueba Comprensión Oral, obtuvo un resultado que también se categoriza como Normal, lo que da cuenta de un buen funcionamiento de los procesos semánticos.

### **Escritura:**

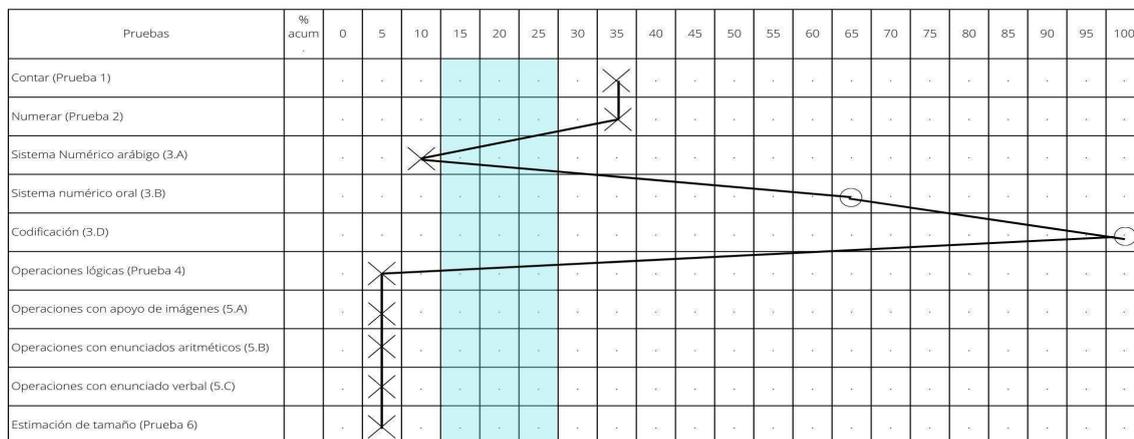
Los procesos de la escritura fueron evaluados mediante una producción escrita espontánea. A nivel del funcionamiento de los procesos gráficos, se observó levemente debilitado. Escribió en letra imprenta mayúscula, de forma legible, con cierta desprolijidad. Se observó que producía oraciones adecuadamente estructuradas, respetando el uso del punto final. A nivel léxico, no se observan errores significativos en la precisión. Se observaron errores de sustitución (ce x que) y errores ortográficos, pero que son esperados para el grado escolar. Logra segmentar adecuadamente las palabras. Por esto, se señala que no se observan dificultades en los procesos de escritura.

### **Matemática:**

Las habilidades matemáticas de BS fueron exploradas mediante la prueba Tedi-Math (Grégoire et al., 2004). Se observó que trabajaba de forma constante y se manifestaba motivado e interesado por las actividades que esta prueba propone.

**Figura 12.**

*Perfil de BS en la batería TEDI-MATH*



Tal y como se observa en la Figura 12, BS obtuvo un perfil de fortalezas en relación con el manejo de la serie numérica, el sistema numérico verbal (palabras-número) y los procesos de transcodificación fonológico-arábigo y arábigo fonológico. Logró recitar con límite inferior y superior y recitar la serie numérica oral en orden directo e inverso, así como también logró recitar de a saltos. Ha adquirido los principios del conteo y demostró dominio del léxico verbal y de la sintaxis oral de los números de hasta dos cifras. Asimismo, comprendió la magnitud que expresan las palabras-número y logró compararlas cuando se le presentan en formato oral.

En contraposición, no logró un desempeño equivalente durante la comparación cuando los números fueron presentados en formato arábigo. La disociación en el comportamiento de ambos sistemas (oral y arábigo) no se observó en los mecanismos de transcodificación lo cual hace pensar que la dificultad mostrada, específicamente en el sistema numérico arábigo, pudiera ser el resultado de una insuficiente sedimentación del vínculo entre los símbolos arábigos y sus correspondientes representaciones de las magnitudes numéricas (la semántica del número).

Los resultados descendidos de BS en la prueba de tamaño relativo son un apoyo adicional a esta hipótesis pues en esta prueba también se evalúa el acceso a la semántica del

número mediante el símbolo arábigo. Debe tomarse en cuenta que el sistema numérico arábigo es esencial para el dominio y comprensión de los fundamentos de la aritmética y el desarrollo de la capacidad de cálculo. Como era de esperar, a partir de las dificultades antes mencionadas se observó una dificultad en la realización de los cálculos necesarios para resolver problemas matemáticos. Este descenso no se explica por un problema de comprensión de los enunciados de los problemas que fueron aplicados.

En cuanto a sus capacidades para la realización de operaciones lógicas, obtiene un nivel significativamente descendido. Se observan debilidades en su capacidad de seriación, clasificación, conservación. Ténganse en cuenta que estas operaciones permiten el manejo fluido de conjuntos numéricos, así como la comprensión de sus transformaciones.

En síntesis, el perfil neuropsicológico sugiere que BS presenta una dificultad específica en el área numérica y del cálculo. Como hipótesis sobre la causa subyacente a esta dificultad se plantea un déficit en el establecimiento del vínculo entre las representaciones simbólicas de los números (especialmente, el código visual arábigo) y sus correspondientes representaciones de magnitud, y, a consecuencia de lo anterior, una comprensión deficiente del carácter operatorio de los números.

## **5.2. Resultados de la intervención**

### **5.2.0 Desempeño durante las sesiones de intervención**

Con respecto a las sesiones de intervención con NB, es posible observar una progresión en el desempeño de BS, el cual se muestra en *Anexo*. Las sesiones de intervención fueron seis en total: en las primeras tres, realizó nueve niveles y en las sesiones cuatro, cinco y seis, realizó seis niveles respectivamente. En la primera y segunda sesiones trabajó con el formato 1: conjuntos de cuentas con colores y obtuvo 2/9 listones y 5/9 listones, respectivamente; en la tercera sesión llegó al nivel de cuentas sin colores con número y obtuvo 5/9 listones; a partir de la cuarta sesión hasta la sexta, llegó al nivel de formato solo números y obtuvo 4/6 listones, 4/6 listones y 3/6 listones, respectivamente. La progresión fue continua y sostenida superando niveles de dificultad creciente relacionados con el formato de los estímulos. También se observó un aumento progresivo en la velocidad en la respuesta lo que podría interpretarse como una mejora en su habilidad para componer y descomponer cantidades numéricas hasta el 10; de igual forma podría existir un efecto en la familiarización con la lógica del juego.

En el caso de NR el software no registró los datos relativos al desempeño de BS por sesión, aunque, según los desarrolladores del juego, esto debe ocurrir.

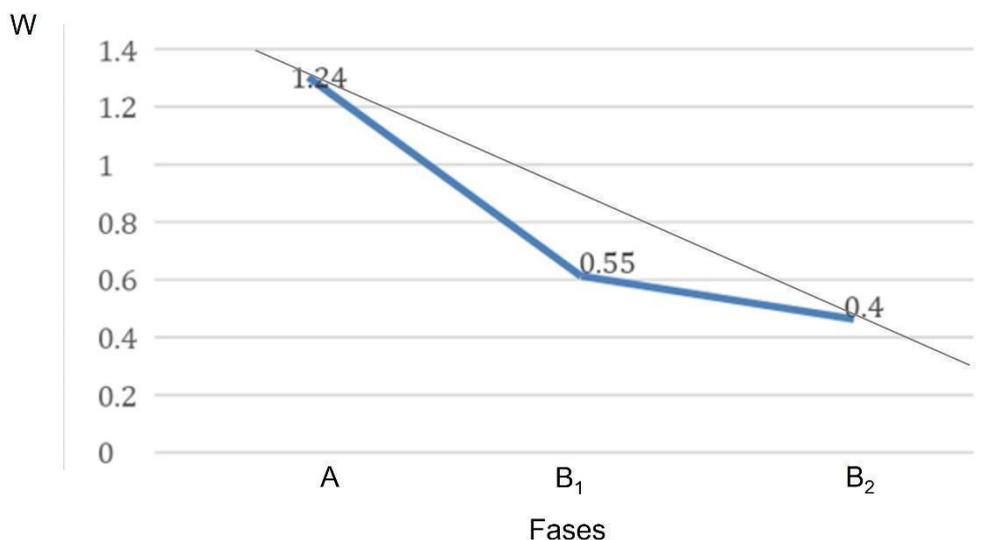
### 5.2.1. Efecto de la intervención sobre la representación mental de la magnitud numérica

#### 5.2.1.1. Fracción de Weber

En la fase A o pretest el valor de  $w$  fue de 1,24 lo cual situó la performance de BS por debajo del percentil 10 según su edad. En las fases  $B_1$  y  $B_2$  los valores de  $w$  alcanzaron 0,55 y 0,4, respectivamente, situando la performance de BD más cercana al percentil 90 ( $w=0,24$ ). Tal y como se observa en la figura 13, este indicador mostró una clara tendencia a disminuir al comparar su comportamiento en la medición realizada como línea de base (fase A) y las mediciones en los subsiguientes posttest (fases  $B_1$  y  $B_2$ ). Entre la fase A y la fase  $B_1$ , la  $w$  disminuyó dos veces su valor ( $w=1,24$  vs.  $w=,55$ ), mientras que entre la fase A y la fase  $B_2$ , se observó una disminución de tres veces su valor ( $w=1,24$  vs.  $w=,4$ ).

**Figura 13.**

*Comportamiento de la Fracción de Weber en las diferentes fases*



#### 5.2.1.2. El Efecto de Ratio

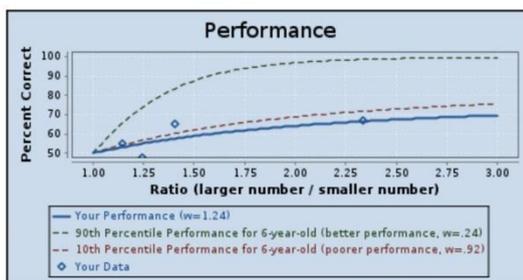
El comportamiento del Efecto de Ratio durante la comparación de conjuntos revela una mejora significativa de la performance de BS en esta prueba a lo largo del proceso de

intervención. La figura 14.A muestra que en la fase A o pretest la pendiente del Efecto de Ratio de BS se encontraba por debajo de la pendiente correspondiente al percentil 10 según la edad de BS. En la fase B<sub>1</sub>, la pendiente del Efecto de Ratio se posicionó cercana al percentil 50 (figura 14.B). Por último, en la fase B<sub>2</sub>, continuó esta tendencia y la curva del Efecto de Ratio de BS se ubicó cercana al percentil 90 (figura 14.C).

**Figura 14.**

*Comportamiento del Efecto de Ratio en las fases de la intervención*

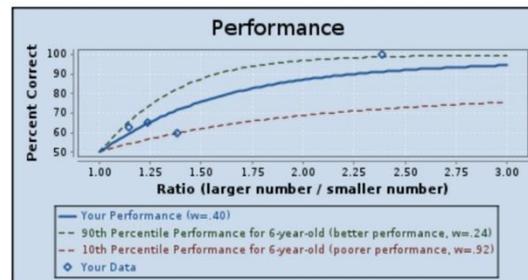
A. Línea base



B. Posttest 1



C Posttest 2



Nota: La línea azul corresponde a la pendiente asociada al Efecto de Ratio estimado según las respuestas de BS. La línea discontinua de color rojo corresponde a la pendiente asociada al Efecto de Ratio estimada para el 10% de los individuos con más baja performance en la prueba, según la edad de BS. La línea discontinua en verde corresponde a la pendiente asociada al Efecto de Ratio estimada para el 10% de los individuos con más alta performance en la prueba, según la edad de BS.

### 5.2.1.3. El tiempo de respuesta

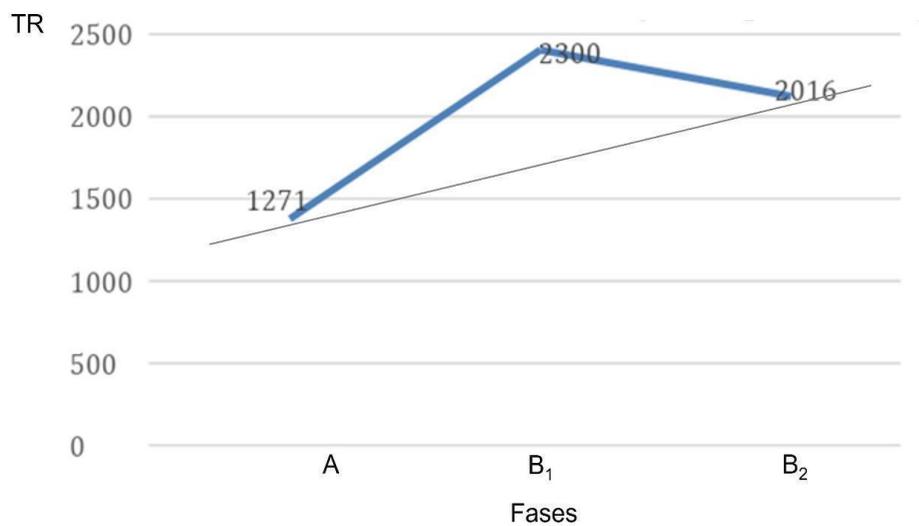
Tal y como se muestra en la figura 15, la media del tiempo de respuesta (medido en milisegundos) aumentó en las fases B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> con relación a la línea base obtenida en la Fase A. En la línea base se observa que la media del TR fue de 1904 ms, situando la performance de BS por encima del percentil 10 (2272 ms) y por debajo del percentil 90 (1271 ms). En el posttest 1, el tiempo de respuesta promedio fue mayor (2300 ms), lo que sitúa la performance de BS por debajo del percentil 10, mientras que en el posttest 2, el tiempo de respuesta

promedio fue de 2016 ms, situando la performance de BS levemente por encima del percentil 10.

Nótese que el comportamiento de los tiempos de respuesta durante las fases de la intervención es exactamente contrario al comportamiento de la Fracción de Weber. Tal parece que la mejora en la precisión de las respuestas ocurre a costa de una disminución significativa de la velocidad del proceso de toma de decisión durante la realización de la prueba.

### Figura 15.

*Comportamiento del tiempo de respuesta en las diferentes fases.*



#### 5.2.2. Análisis del comportamiento de BS durante la realización de Panamath

Durante la ejecución de la prueba, BS sostuvo la atención en la tarea, aunque manifestó fatiga hacia el final en todas las sesiones de las fases A y B. Sin embargo, se mostró colaborador y realizó la actividad cuando le fue requerido.

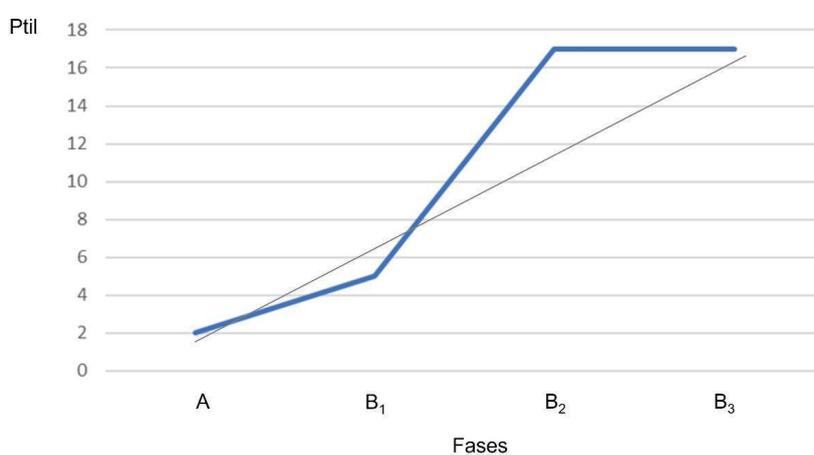
#### 5.2.2. Efecto de la intervención sobre el vínculo entre el símbolo y la representación de la magnitud numérica

Al comparar la performance de BS en las dos pruebas de Tedi Math durante las fases A y B, se constató una mejora significativa en los resultados a medida que avanzó la intervención. En la prueba *Tamaño relativo*, la ejecución de BS en el pretest estuvo por debajo de 2% respecto a la población típica de su edad y grado, mientras que en el posttest 1

se ubicó en el 5%. En los posttests 2 y 3 su performance lo ubicó en el 17% según los baremos para su edad y grado (ver figura 16). En suma, a lo largo de la intervención, la mejora en la performance de BS llega a superar los 15 puntos porcentuales de acuerdo con el comportamiento típico para su edad y grado. En la prueba *Comparación de números*, BS muestra un comportamiento similar al descrito en la prueba *Tamaño relativo*, es decir, obtuvo un porcentaje acumulado igual a 5% en el pretest, a 10% en el posttest 1, a 25% en el posttest 2 y descende a 17% en el posttest 3 (figura 17). De manera general, su performance en esta prueba tiende a ser mejor que en la prueba *Tamaño relativo*.

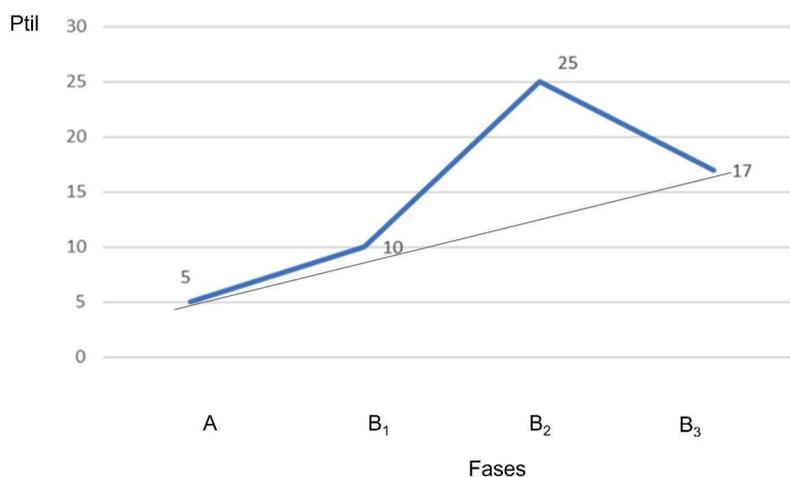
**Figura 16.**

*Comportamiento de BS en la prueba de Tamaño relativo de Tedi Math*



**Figura 17.**

*Comportamiento de BS en la prueba de Comparación de números de Tedi Math*



### **5.2.2.1. Análisis del comportamiento de BS durante la realización de las subpruebas de Tedi-Math**

Durante la ejecución de ambas subpruebas, BS mostró interés y compromiso. Realizó comentarios y manifestó autoinstrucciones que dieron cuenta del procesamiento interno que estaba realizando. Al inicio se observó que daba respuestas al azar, luego de dudar algunos segundos. Ello permitió determinar que se trataban de respuestas reflexivas por parte de BS. A partir de los posttest 2 y 3, se observó un menor tiempo de respuesta.

### **5.2.3. Efecto de la intervención sobre el desarrollo de las operaciones aritméticas y el cálculo**

#### **5.2.2.1. Tiempo de respuesta**

Al analizar los tiempos de respuesta correspondientes a los aciertos durante la fase A y la fase B se constató una variabilidad muy alta en los valores de este indicador durante la realización de los posttest 2 y 3 (fases B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub>, respectivamente), tal y como se muestra en la figura 18. Esta es una variabilidad no esperada y que no se explica a partir de la observación de la conducta de BS durante la realización del test. Un factor para tener en cuenta es durante la realización de las fases B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub> ocurrió un proceso de actualización y mantenimiento del software de PUMA. En consecuencia, se decidió realizar únicamente el contraste entre las fases A y B<sub>1</sub>. Para ello se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon Matched Pairs, y se constató una diferencia significativa en el tiempo de respuesta entre ambas fases, siendo este menor en la fase B<sub>1</sub> con relación a la fase A ( $z=2,67$ ;  $p< 0,007$ ).

#### **5.2.2.2. Precisión de la respuesta**

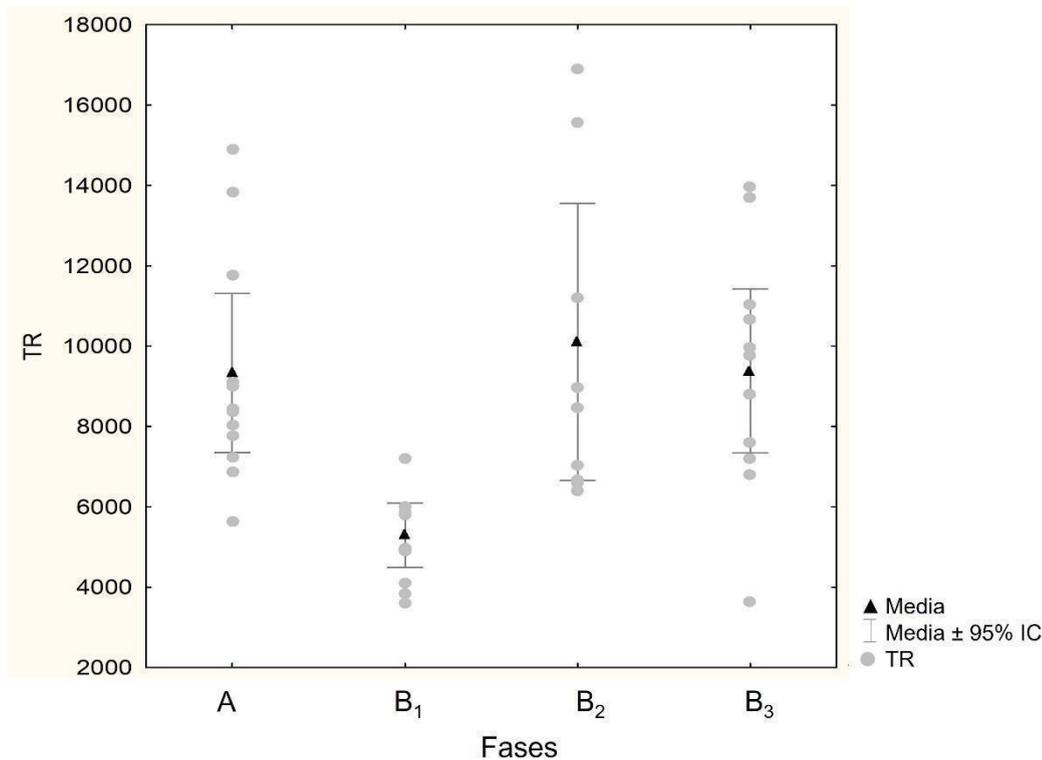
Se comparó el total de respuestas correctas e incorrectas durante el cálculo de sumas<sup>1</sup> correspondientes a las fases A y B<sub>1</sub> mediante una tabla 2x2 utilizando la prueba Chi-cuadrado. No se encontró una diferencia significativa en la precisión del cálculo entre ambas fases ( $\chi^2=0,87$ ;  $p<0,3519$ ).

---

<sup>1</sup> BS no realizó ningún cálculo correspondiente a restas.

**Figura 18.**

*Comportamiento del tiempo de respuesta en la prueba de cálculo mental durante las fases el estudio de intervención*



### 5.2.2.3 Análisis del comportamiento de BS durante la realización de la prueba de cálculo mental de PUMA

A partir de la observación fue posible constatar que BS sostuvo la atención en la tarea y dió respuestas previamente razonadas. No respondía al azar. Calculó las sumas utilizando los dedos para contar, lo que permitió observar una manifestación del proceso interno y corroborar que las respuestas correspondían a dicho proceso. No utilizó estrategias de recuperación desde la memoria de los hechos numéricos básicos.

## 6. Discusión

Los resultados de la evaluación neuropsicológica mostraron que BS presentaba una dificultad específica en el área numérica, de modo particular, en aquellas tareas cuya resolución necesita el establecimiento del vínculo entre la representación simbólica del número (especialmente, el código visual arábigo) y su correspondiente representación de

magnitud. Esta dificultad debe contribuir a una comprensión deficiente del carácter operatorio de los números.

Con base en este perfil neuropsicológico de déficits numéricos se realizó una intervención con dos juegos digitales que ponen foco en el manejo de las diferentes representaciones mentales de los números (no simbólicas y simbólicas) con el objetivo de sedimentar el vínculo entre ellas. Como resultado de la intervención, BS mostró avances en el desarrollo de sus habilidades numéricas y de cálculo, así como en la precisión del SNA.

### **6.1 Efecto de la intervención sobre la representación mental de la magnitud numérica.**

Numerosos trabajos han reportado que, durante la adquisición de los códigos numéricos abstractos en su formato verbal-ortográfico y visual-arábigo, se produce una “calibración” de la línea mental numérica en las que se disponen las representaciones de las magnitudes numéricas en su formato no simbólico ya sea en una distribución lineal (Booth y Siegler, 2006) o logarítmica (Dehaene, 2001; Nieder y Dehaene, 2009). En otras palabras, la adquisición y desarrollo de la matemática simbólica incrementa la precisión de las representaciones no simbólicas que contienen la información de magnitud (cardinalidad) de los números. Este proceso ocurre debido al desarrollo progresivo de conexiones efectivas entre dichas representaciones y sus correspondientes símbolos favoreciendo el entendimiento del significado de las palabras-número y los números arábigos. Este es un mecanismo esencial para avanzar en la adquisición de procesos de numeración y cálculo propios de la aritmética. En concordancia, se esperaría que la intervención realizada utilizando los juegos digitales CN y NB produciría una mejora de la precisión de las representaciones analógicas de la magnitud numérica expresada a través de la Fracción de Weber (Norwich, 1987) y el Efecto de Ratio (Moyer y Landauer, 1967).

Los resultados de BS confirman de manera consistente este supuesto. Antes de la intervención, la performance de BS en la prueba Panamath demostró un desarrollo muy por debajo de lo esperado según su edad en las representaciones mentales de las magnitudes numéricas. Sin embargo, el valor de  $w$  disminuyó sistemáticamente entre las fases A y B<sub>2</sub> con una diferencia entre fases de casi una unidad (0,84) lo cual sitúa a BS en el 10% de los niños de su edad con mejor performance. A su vez, el comportamiento del Efecto de Ratio es consistente con los cambios observados en  $w$  a lo largo de las seis semanas de intervención. Nótese que la mejora en cuanto a la precisión fue lograda a costa de un aumento en el tiempo

de respuesta el cual tuvo un incremento de 745 ms como promedio entre las fases A y B<sub>2</sub>. Este comportamiento hace pensar que, si bien BS exhibe un desarrollo significativo en la precisión de sus representaciones mentales de la magnitud numérica a partir de la intervención, al momento de la evaluación no se observa aún el efecto esperado sobre la fluidez de los mecanismos encargados de la activación de la representación de magnitud correspondiente.

Los resultados mostrados por BS apoyan los diferentes modelos y teorías acerca del efecto culturalmente mediado que la adquisición de la matemática simbólica produce sobre el SNA en tanto sistema innato y biológicamente determinado.

## **6.2 Efecto de la intervención sobre el vínculo entre el símbolo y la representación de la magnitud numérica**

La adquisición de un sistema numérico exacto depende no solo de los SNN sino de habilidades lingüísticas propias de la especie humana (Carey, 2009; Spelke, 2017). El desarrollo típico de este sistema prevé la adquisición progresiva de series numéricas, inicialmente asemánticas, que gradualmente cobran un significado cuantitativo. Diversas posturas (Carey, 2009; Leibovich et al., 2017; Spelke, 2017) intentan explicar el origen de la matemática simbólica, pero independientemente de cada modelo o teoría, los autores reconocen la importancia de desarrollar un sistema de representaciones mentales en formato verbal (palabras-número) y otro de representaciones mentales en formato visual (números arábigos) a través de los cuáles ocurre el acceso a las representaciones mentales de las magnitudes numéricas correspondientes.

Una de las hipótesis sobre la etiología de la DD adjudica el déficit en el acceso a las representaciones de la magnitud numérica a través de los símbolos (Rousselle y Noël, 2007). Hallazgos provenientes de las neurociencias muestran sistemáticamente patrones de desconexión entre las poblaciones neuronales de las áreas parietales y temporales en niños con DD, hecho que pudiera sustentar la hipótesis del déficit en el acceso desde un punto de vista neurobiológico (Rykhlevskaia et al., 2009; Ranpura et al., 2013).

Los juegos digitales empleados en la intervención fueron diseñados para sedimentar el vínculo entre las representaciones simbólicas y semánticas del número, por tanto, es esperable que ocurra una mejora en la performance de BS en tareas que involucran estos procesos. La mejora esperada se pudo constatar en las dos tareas de Tedi-Math cuya

ejecución dependía, crucialmente, del acceso a las representaciones mentales de las magnitudes numéricas a través de los símbolos numéricos en formato arábigo. Nótese que, si bien esta mejora no alcanza el desempeño esperado para su edad, dio lugar a avances significativos en un período de sólo seis semanas de intervención. Es probable que el desarrollo de este proceso se consolide en la medida en que se siga interviniendo.

Los resultados mostrados por BS confirman que durante la intervención ocurrió un fortalecimiento del vínculo existente entre las representaciones de la magnitud numérica y las representaciones simbólicas (números arábigos y palabras-número) lo cual apoya el rol crucial que juega la conexión entre las diferentes representaciones simbólicas del número con las representaciones de su magnitud numérica para el desarrollo de las habilidades numéricas simbólicas cada vez más sofisticadas.

### **6.3 Efecto de la intervención sobre el desarrollo de las operaciones aritméticas y el cálculo**

La adquisición y consolidación de las habilidades de conteo, así como la sedimentación del vínculo entre las representaciones simbólicas de los números y las respectivas representaciones de sus magnitudes favorecen la comprensión del carácter operatorio que estos tienen. Es decir, la comprensión del significado de los números promueve la noción de que las operaciones numéricas que se realizan con ellos se constituyen como acciones transformadoras en la que dos situaciones numéricas interactúan para dar lugar a una nueva situación que, de nuevo, se describe numéricamente (Maza, 2001).

Los juegos digitales CN y NB involucraron la presentación y manipulación de sumas (y algunas restas), por tanto, era esperable una mejoría de BS en el proceso de cálculo utilizando estrategias más eficientes. No obstante, dada la brevedad de la intervención, no se esperaba que llegara a alcanzar la construcción y almacenamiento de hechos numéricos básicos.

Consecuentemente, los resultados de BS en la fase B<sub>1</sub> mostraron una reducción significativa del tiempo de respuesta en la realización de sumas simples con relación a la fase A, lo cual pudiera interpretarse como una posible influencia de la intervención sobre el

desarrollo de la noción del carácter operatorio de los números con la consiguiente mejora observada en la realización de las sumas simples.

#### **6. 4 Limitaciones del estudio**

El estudio de caso con diseño AB (pretest/postest) reviste un alcance limitado. Este tipo de diseño no permite demostrar la efectividad de una intervención lo cual solo puede lograrse a través de un estudio experimental de caso único (Kratochwill et al., 2010). El estudio de caso, sin embargo, tiene una gran utilidad para la descripción e identificación de variables potenciales que pueden ser evaluadas en estudios experimentales de caso único.

Por otra parte, durante la implementación del diseño no resultó posible realizar el mismo procedimiento para todas las sesiones de la fase B. Esto podría incidir en el alcance de la interpretación de los resultados obtenidos.

### **7. Conclusiones**

Los juegos digitales CN y NB son herramientas de intervención basadas en la evidencia. Se pudo constatar su efectividad en la sedimentación del vínculo entre las representaciones de las magnitudes numéricas y sus correspondientes representaciones simbólicas. Tal y como se esperaba, según el marco conceptual de referencia, ocurrió un incremento de la precisión del SNA a consecuencia de la intervención. Asimismo, BS demostró un desarrollo de las conexiones entre las distintas representaciones mentales del número en la realización de tareas numéricas no relacionadas con la intervención lo cual produjo beneficios sobre la eficiencia en el cálculo mental. Esta última afirmación debe ser tomada con cautela debido a que la habilidad para el cálculo fue medida solo una vez durante la fase B del estudio. Estas mejoras ocurrieron en un tiempo breve de intervención lo cual refuerza la importancia de efectuar intervenciones teóricamente fundamentadas y basadas en la evidencia que apuntan con precisión al desarrollo de las habilidades deficitarias de acuerdo con el perfil neuropsicológico de cada caso.

Las características de la intervención realizada podrían haber propiciado, en cierta medida, los avances logrados por BS. Según la meta-revisión realizada por Reynvoet et al., (2021) la instrucción explícita asistida por tecnología resulta eficaz para la intervención en matemática.

Por último, los resultados de este estudio de caso se constituyen como evidencias que sustentarían algunos aspectos conceptuales de relevancia actual en el campo de la cognición numérica. Tal es el caso de la hipótesis acerca del déficit en el acceso a la representación mental de la magnitud numérica a través de las representaciones simbólicas de los números como causa potencial de la DD y de los modelos que describen la influencia de la adquisición de las habilidades numéricas simbólicas sobre la precisión del SNA.

## Referencias bibliográficas

- Alonso, D., & Fuentes, L. J. (2001). Mecanismos cerebrales del pensamiento matemático. *Revista de neurología*, 33(6), 568-576.
- Anwyl-Irvine, A. L., Massonnié, J., Flitton, A., Kirkham, N., & Evershed, J. K. (2020). Gorilla in our midst: An online behavioral experiment builder. *Behavior Research Methods*, 52, 388-407.
- Ansari, D. (2008). Effects of development and enculturation on number representation in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 278-291.
- Buckley, P. B., & Gillman, C. B. (1974). Comparisons of digits and dot patterns. *Journal of Experimental Psychology*, 103(6), 1131.
- Butterworth, B., & Reigosa, V. (2007). Information processing deficits in dyscalculia. In D. B. Berch & M. M. M. Mazocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 65–81).
- Benavides-Varela, S. (2021). What causes the disorder—Theories and perspectives. In D. Lucangeli (Ed.), *Understanding dyscalculia: A guide to symptoms, management and treatment* (pp. 5–22). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Berch, D. B. (2005). Making Sense of Number Sense: Implications for Children With Mathematical Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, Vol. 38, Número 4, pp. 333-339).
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology*, 42(1), 189-201.
- Butterworth, B. (2010). Foundational numerical capacities and the origins of dyscalculia. En *Trends in Cognitive Sciences* (Vol. 14, Número 12). <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.09.007>.
- Butterworth, B., & Laurillard, D. (2010). Low numeracy and dyscalculia: Identification and intervention. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, 42(6), 527-539. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0267-4>
- Carey, S. (2009). Where our number concepts come from. *Journal of Philosophy* (Vol. 106, Número 4). <https://doi.org/10.5840/jphil2009106418>
- Castro-Cañizares, D., Estévez-Pérez, N., & Reigosa-Crespo, V. (2009). Teorías cognitivas contemporáneas sobre la discalculia del desarrollo. En *REV NEUROL* (Vol. 49, Número 3, pp. 143-148).

- CICEA (2020). Prueba Uruguay de Matemática. Manual de Aplicación. <https://puma.cicea.uy/es/about/>
- Crosswhite, F. J., Dossey, J. A., & Frye, S. M. (1989). NCTM standards for school mathematics: Visions for implementation. *The Arithmetic Teacher*, 37(3), 55-60.
- Cuetos, F., Rodríguez, B., Ruano, E., y Arribas, D. (2007). Prolec-r. *Evaluación de los procesos lectores–revisado*. Madrid: TEA.
- De Smedt, B., & Gilmore, C. K. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(2), 278-292.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1(1), 83-120.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: Double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33(2), 219-250.
- Dehaene, S., & Mehler, J. (1992). Cross-linguistic regularities in the frequency of number words. *Cognition*, 43(1), 1-29.
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., & Cohen, L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neurosciences*, 21(8), 355-361.
- Dehaene, S. (1996). The organization of brain activations in number comparison: Event-related potentials and the additive-factors method. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(1), 47-68. <https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.1.47>
- Dehaene, S. (2001). Precis of the number sense. *Mind and Language*, 16(1), 16-36. <https://doi.org/10.1111/1468-0017.00154>
- Dehaene, S. (2007). *El cerebro matemático: Como nacen, viven y a veces mueren los números en nuestra mente (Ciencia que ladra... serie Mayor) (Spanish Edition)*.
- Dehaene, S., & Changeux, J. P. (1993). Development of elementary numerical abilities: A neuronal model. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5(4). <https://doi.org/10.1162/jocn.1993.5.4.390>
- Dehaene, S., Izard, V., Spelke, E., & Pica, P. (2008). Log or linear? Distinct intuitions of the number scale in western and Amazonian indigene cultures. *Science*, 320(5880). <https://doi.org/10.1126/science.1156540>
- Feigenson, L., Carey, S., & Hauser, M. (2002). The representations underlying infants' choice of more: Object files versus analog magnitudes. *Psychological Science*, 13(2), 150-156.
- Fuson, K. C., Richards, J., & Briars, D. J. (1982). The acquisition and elaboration of the number word sequence. In D. J. Briars & K. S. Dixon (Eds.), *Children's logical and*

- mathematical cognition: Progress in cognitive development research (pp. 33-92). New York, NY: Springer New York.
- Fechner, G. T., & Preyer, W. (1890). *Wissenschaftliche Briefe von Gustav Theodor Fechner u. W. Preyer*. Verlag v. L. Voss.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *En Trends in Cognitive Sciences* (Vol. 8, Número 7, pp. 307-314). <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002>
- Gallistel, C. R., & Gelman, R. (1990). The what and how of counting.
- Gelman, R., & Meck, E. (1983). Preschoolers' counting: Principles before skill. *Cognition*, 13(3), 343-359.
- Gunderson, E. A., Spaepen, E., & Levine, S. C. (2015). Approximate number word knowledge before the cardinal principle. *Journal of Experimental Child Psychology*, 130, 35-55.
- Gallistel, C. R., & Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, 44(1-2). [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90050-R](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90050-R)
- Gallistel, C. R., & Gelman, R. (2000). Non-verbal numerical cognition: From reals to integers. *En Trends in Cognitive Sciences* (Vol. 4, Número 2). [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01424-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01424-2)
- Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2001). Numerical and arithmetical deficits in learning-disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *Aphasiology*, 15(7), 635-647.
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and Arithmetical Cognition: A Longitudinal Study of Process and Concept Deficits in Children with Learning Disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(3). <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2561>
- Godino, J. D., Font, V., & Wilhelmi, M. R. (2009). Semiotic interactions between models and theories in Mathematics and Physics View project Desarrollo del razonamiento inferencial en estudiantes de educación secundaria obligatoria y bachillerat View project. <http://thales.cica.es/granada/>
- Grégoire, J., Noël, M., & Van Nieuwenhoven, C. (2004). *Tedi-Math*. Antwerpen: Harcourt.
- Hyde, D. C. (2021). The emergence of a brain network for numerical thinking. *Child Development Perspectives*, 15(3), 168-175.
- Hyde, D. C., & Spelke, E. S. (2011). Neural signatures of number processing in human infants: evidence for two core systems underlying numerical cognition. *Science*, 14(2), 360-371.

- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the "Number Sense": The Approximate Number System in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, 44(5), 1457-1465.
- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental Change in the Acuity of the «Number Sense»: The Approximate Number System in 3-, 4-, 5-, and 6-Year-Olds and Adults. *Developmental Psychology*, 44(5), 1457-1465. <https://doi.org/10.1037/a0012682>
- Halberda, J. y Ly, R. (2010) Panamath. <https://panamath.org/test/consent.php>
- Huges, M. (1984). *Children and numbers: difficulties in learning mathematics*. Oxford [Oxfordshire], UK ; New York, NY, USA : B. Blackwell, 1986, 195 pages
- Hyde, D. C., & Spelke, E. S. (2011). Neural signatures of number processing in human infants: Evidence for two core systems underlying numerical cognition. *Developmental Science*, 14(2), 360-371. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00987.x>
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382-10385.
- Kaufmann, L., Mazzocco, M. M., Dowker, A., Aster, M. von, Göbel, S. M., Grabner, R. H., Henik, A., Jordan, N. C., Karmiloff-Smith, A. D., Kucian, K., Rubinsten, O., fMRI. *Developmental Neuropsychology*, 39(5), 342-364. <https://doi.org/10.1080/87565641.2014.939179>
- Kaufmann, L., Mazzocco, M. M., Dowker, A., von Aster, M., Göbel, S. M., Grabner, R. H., Henik, A., Jordan, N. C., Karmiloff-Smith, A. D., Kucian, K., Rubinsten, O., Szucs, D., Shalev, R., & Nuerk, H. C. (2013). Dyscalculia from a developmental and differential perspective. *Frontiers in Psychology*, 4, 516.
- Koleszar, V., León, D. de, Díaz-Simón, N., Fitipalde, D., Cervieri, I., & Maiche, A. (2020). Numerical Cognition in Uruguay: From clinics and laboratories to the classroom (Cognición numérica en Uruguay: De la clínica y los laboratorios al aula). *Estudios de Psicología*. <https://doi.org/10.1080/02109395.2020.1749000>
- Koppitz, E. (1980). *El Test Guestáltico Visomotor para Niños*. Buenos Aires: Guadalupe.
- Kratochwill, T. R., Hitchcock, J., Horner, R. H., Levin, J. R., Odom, S. L., Rindskopf, D. M. & Shadish, W. R. (2010). Single-case designs technical documentation. Retrieved from What Works Clearinghouse website: [https://ies.ed.gov/ncee/wwc/pdf/wwc\\_scd.pdf](https://ies.ed.gov/ncee/wwc/pdf/wwc_scd.pdf).

- Kucian, K., Ashkenazi, S. S., chwizer, Hänggi, J., Rotzer, S., Jäncke, L., Martin, E., & Aster, M. von. (2014). Developmental dyscalculia: A dysconnection syndrome? *Brain structure & function*, 219(5). <https://doi.org/10.1007/s00429-013-0597-4>
- Landerl, K., & Kölle, C. (2009). Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 546-565.
- Laurillard, D. (2016). Learning number sense through digital games with intrinsic feedback. *Australasian Journal of Educational Technology*, 32(6).
- Looi, C. Y., Duta, M., Brem, A. K., Huber, S., Nuerk, H. C., & Cohen Kadosh, R. (2016). Combining brain stimulation and video game to promote long-term transfer of learning and cognitive enhancement. *Scientific Reports*, 6(1), 22003.
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8–9-year-old students. *Cognition*, 93(2), 99-125.
- Le Corre, M., & Carey, S. (2007). One, two, three, four, nothing more: An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition*, 105(2), 395-438. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.10.005>
- Leibovich, T., Katzin, N., Harel, M., & Henik, A. (2017). From «sense of number» to «sense of magnitude»: The role of continuous magnitudes in numerical cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 40. <https://doi.org/10.1017/S0140525X16000960>
- Mandler, G., & Shebo, B. J. (1982). Subitizing: An analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111(1), 1-22.
- Miura, I. T., Okamoto, Y., Kim, C. C., Chang, C. M., Steere, M., & Fayol, M. (1994). Comparisons of children's cognitive representation of number: China, France, Japan, Korea, Sweden, and the United States. *International Journal of Behavioral Development*, 17(3), 401-411.
- Mix, K. S. (2002). The construction of number concepts. *Cognitive Development*, 17(3-4), 1345-1363.
- Maza, C. (2001) Adición y sustracción. En: Castro, E. *Didáctica de la Matemática en la Educación Primaria*. España: Síntesis.
- Mazzocco, M. M. M. (2007). Defining and differentiating mathematical learning disabilities and difficulties. In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 29–47). Paul H. Brookes Publishing Co.
- Moyer, R. S., & Landauer, T. K. (1967). Time required for judgments of numerical inequality. *Nature*, 215(5109), 1519-1520.

- Myers, T., Carey, E., & Szűcs, D. (2017). Cognitive and neural correlates of mathematical giftedness in adults and children: A review. *Frontiers in Psychology*, 8, 1646.
- Nelson, G., & McMaster, K. L. (2019). The effects of early numeracy interventions for students in preschool and early elementary: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 111(6), 1001-1017.
- Nieder, A. (2005). Counting on neurons: The neurobiology of numerical competence. En *Nature Reviews Neuroscience* (Vol. 6, Número 3). <https://doi.org/10.1038/nrn1626>
- Nieder, A., & Dehaene, S. (2009). Representation of number in the brain. En *Annual Review of Neuroscience* (Vol. 32). <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.051508.135550>
- Norwich, K. H. (1982). Perception as an active process. *Mathematics and Computers in Simulation*, 24(6), 535-539.
- Nosworthy, N., Bugden, S., Archibald, L., Evans, B., & Ansari, D. (2013). A Two-Minute Paper-and-Pencil Test of Symbolic and Nonsymbolic Numerical Magnitude Processing Explains Variability in Primary School Children's Arithmetic Competence. *PLoS ONE*, 8(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067918>
- Ostad, S. A. (1999). Developmental progression of subtraction strategies: A comparison of mathematically normal and mathematically disabled children. *European Journal of Special Needs Education*, 14(1), 21-36.
- Odic, D., Corre, M. L., & Halberda, J. (2015). Children's mappings between number words and the approximate number system. *Cognition*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.01.008>
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *constructionism*, 36(2), 1-11.
- Piazza, M. (2010). Neurocognitive start-up tools for symbolic number representations. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(12), 542-551.
- Price, G., & Ansari, D. (2013). Dyscalculia: Characteristics, Causes, and Treatments. *Numeracy*, 6(1). <https://doi.org/10.5038/1936-4660.6.1.2>
- Ranpura, A., Isaacs, E., Edmonds, C., Rogers, M., Lanigan, J., Singhal, A., Clayden, J., Clark, C., & Butterworth, B. (2013). Developmental trajectories of grey and white matter in dyscalculia. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2). <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.06.007>
- Reigosa-Crespo, V., González-Alemañy, E., León, T., Torres, R., Mosquera, R., & Valdés-Sosa, M. (2013). Numerical capacities as domain-specific predictors beyond early mathematics learning: a longitudinal study. *PloS one*, 8(11), e79711. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079711>

- Reigosa-Crespo, V., Valdés-Sosa, M., Butterworth, B., Estévez, N., Rodríguez, M., Santos, E., Torres, P., Suárez, R., & Lage, A. (2012). Basic numerical capacities and prevalence of developmental dyscalculia: The Havana Survey. *Developmental Psychology*, 48(1), 123-135. <https://doi.org/10.1037/a0025356>
- Revkin, S. K., Piazza, M., Izard, V., Cohen, L., & Dehaene, S. (2008). Does subitizing reflect numerical estimation? *Psychological Science*, 19(6). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02130.x>
- Reynvoet, B., Vanbecelaere, S., Depaepe, F., & Sasanguie, D. (2021). Intervention studies in math: A metareview. En *Heterogeneous Contributions to Numerical Cognition: Learning and Education in Mathematical Cognition* (pp. 283-308). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817414-2.00012-9>
- Ross-sheehy, S., Oakes, L. M., & Luck, S. J. (2003). The development of visual short-term memory capacity in infants. *Child Development*, 74(6), 1807-1822. <https://doi.org/10.1046/j.1467-8624.2003.00639>.
- Rousselle, L., & Noël, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102(3). <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.01.005>
- Rykhlevskaia, E., Uddin, L. Q., Kondos, L., & Menon, V. (2009). Neuroanatomical correlates of developmental dyscalculia: Combined evidence from morphometry and tractography. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3(NOV). <https://doi.org/10.3389/neuro.09.051.2009>
- Skagerlund, K., & Träff, U. (2016). Number processing and heterogeneity of developmental dyscalculia: Subtypes with different cognitive profiles and deficits. *Journal of Learning Disabilities*, 49(1), 36-50.
- Seron, X., & Fayol, M. (1994). Number transcoding in children: A functional analysis. *British Journal of Developmental Psychology*, 12(3), 281-300. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1994.tb00635.x>
- Serra-Grabulosa, J. M., Adan, A., & Grabulosa, J. M. S. (2010). Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo. En *Www.neurologia.com Rev Neurol* (Vol. 50, Número 1, pp. 39-46). [www.neurologia.com](http://www.neurologia.com)
- Simms, V., Clayton, S., Cragg, L., Gilmore, C., & Johnson, S. (2016). Explaining the relationship between number line estimation and mathematical achievement: The role of visuomotor integration and visuospatial skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 145, 22-33.

- Spelke, E. S. (2017). Core Knowledge, Language, and Number. *Language Learning and Development*, 13(2). <https://doi.org/10.1080/15475441.2016.1263572>
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 96(3). <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.3.471>
- Szucs, D., & Goswami, U. (2013). Developmental dyscalculia: Fresh perspectives. En *Trends in Neuroscience and Education* (Vol. 2, Número 2). <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.06.004>
- Thurstone, L. L., & Yela, M. (2012). *Caras - R. Test de Percepción de diferencias - Revisado*. TEA.
- Torresi, S.(2018). Discalculia del Desarrollo DD. *Revista de Psicología*, 35(108), pp. 348-356
- Trick, L. M., & Pylyshyn, Z. W. (1994). Why are small and large numbers enumerated differently? A limited-capacity preattentive stage in vision. *Psychological Review*, 101(1), 80-102.
- Thioux, M., Ivanou IV, A., Turconi, E., & Seron, X. (1999). Intrusion of the verbal code during the production of Arabic numerals: A single case study in a patient with probable Alzheimer's disease. *Cognitive Neuropsychology*, 16(8), 749-773.
- Turk-Browne, N. B., Scholl, B. J., & Chun, M. M. (2008). Babies and brains: Habituation in infant cognition and functional neuroimaging. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2, 333.
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22, 271-296.
- Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(11), 868-873.
- Whalen, J., Gallistel, C. R., & Gelman, R. (1999). Nonverbal Counting in Humans: The Psychophysics of Number Representation. *Psychological Science*, 10(2). <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00120>
- Wilson, A.J., & Dehaene, S. (2004). *The number race* [Videojuego].
- Wilson, A. J., & Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. En *Human behavior, learning, and the developing brain: Atypical development*.
- Wilson, A. J., Revkin, S. K., Cohen, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2006). An open trial assessment of "The Number Race," an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 2, 1-16.

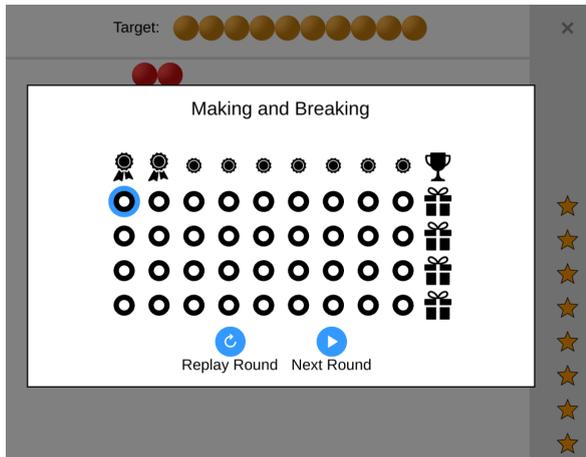
Wechsler, D. (2003). *Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños - Cuarta Edición*.  
Buenos Aires: Pearson.

Zorzi, M., Stoianov, I., & Umiltà, C. (2005). Computational modeling of numerical cognition.  
En *The Handbook of Mathematical Cognition*.  
<https://doi.org/10.4324/9780203998045-12>

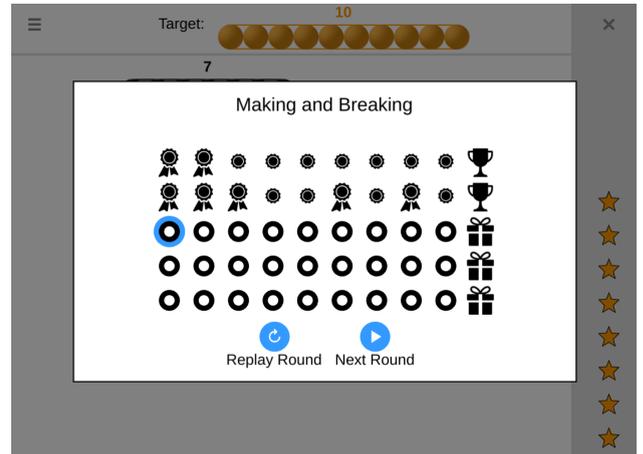
## Anexo

### Resultados por sesión en NB

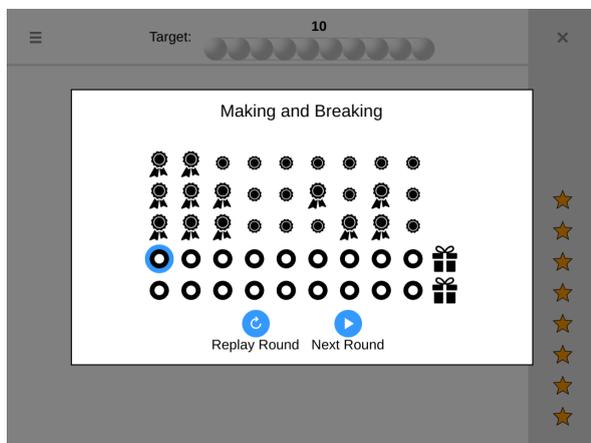
#### Sesión 1 (conjuntos con cuentas de colores)



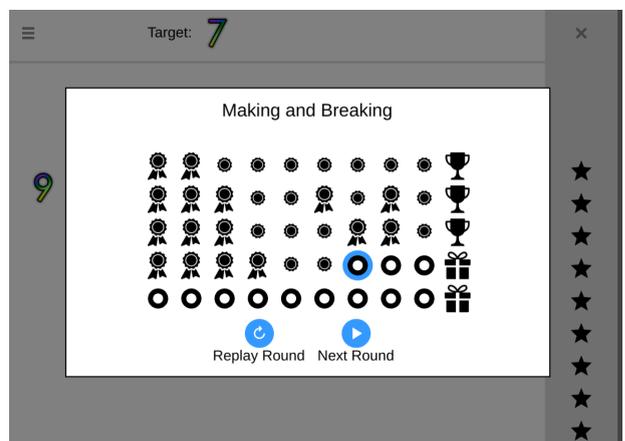
#### Sesión 2 (conjuntos con cuentas de colores)



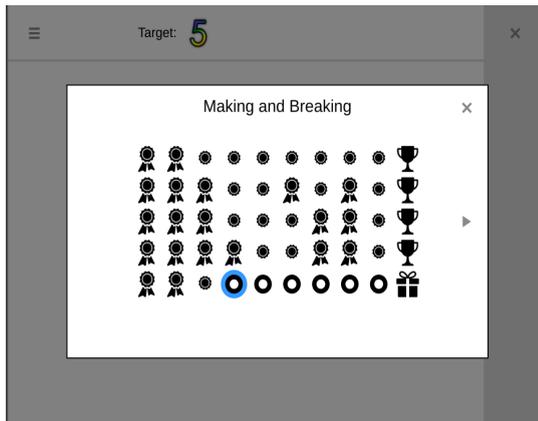
#### Sesión 3 (cuentas sin color con dígitos)



#### Sesión 4 (solo dígitos)



### Sesión 5 (solo dígitos)



### Sesión 6 (solo dígitos)

