



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Evaluación preliminar de una prueba de realidad virtual para el diagnóstico de discalculia: procesamiento aritmético.

Preliminary Assessment virtual reality test for the diagnosis of dyscalculia: arithmetic processing.

Autor

Sara Fernández García

Director

Elena Salillas Pérez

Grado de Psicología - Facultad de Ciencias Sociales y Humanas (Teruel)

Junio 2023

### **Resumen**

Tanto la discalculia (DD) como la dislexia suelen ser diagnosticadas durante la infancia durante el ciclo de educación primaria. Una prueba diagnóstica ideal debería abarcar el sistema numérico en su conjunto y orientarse a la especificación de perfiles. El presente estudio pone a prueba 4 de las 12 tareas que forman parte de una prueba de realidad virtual en desarrollo para el diagnóstico de la DD. Las pruebas seleccionadas son pruebas que teóricamente deberían asociarse o disociarse de un factor lingüístico. Además, se comparan los datos obtenidos en un grupo sano con los recogidos en un participante con diagnóstico de TDAH (AT). Los resultados muestran diferencias significativas entre el grupo control y AT, además de diversas correlaciones entre las tareas y la extracción de un factor fonológico en el grupo control. El presente estudio supone una primera evaluación de la sensibilidad a las tareas y una comprobación de la eficacia de las variables introducidas. Se propone la continuación del estudio, además de considerar alternativas para la realización de la prueba.

*Palabras clave:* Discalculia, TDAH, Realidad Virtual.

### **Abstract**

Both dyscalculia (DD) and dyslexia are usually diagnosed during childhood during the primary education cycle. An ideal diagnostic test should cover the numerical system as a whole and be oriented to profile specification. The present study tests 4 of the 12 tasks that are part of a virtual reality test under development for the diagnosis of DD. The tasks selected are tests which should theoretically be associated with or dissociated from a language factor. In addition, data obtained in a healthy group are compared with those collected in a participant with a diagnosis of ADHD (AT). The results show significant differences between the control group and AT, also to various correlations between the tasks and the extraction of a phonological factor in the control group. This study is a first assessment of task sensitivity and checks the effectiveness of the variables introduced. It is proposed to continue the study, in addition to considering alternatives for conducting the test.

*Key words:* Dyscalculia, ADHD, Virtual Reality.

## Introducción

Según el DSM-5 (2013), la discalculia o discalculia del desarrollo (DD), forma parte de la categoría de los trastornos específicos del aprendizaje, el término es “utilizado para referirse a un patrón de dificultades que se caracteriza por problemas del procesamiento de la información numérica, aprendizaje de operaciones aritméticas y cálculo correcto o fluido” (p. 127). Tal y como queda especificado, afecta al sentido numérico, procedimientos de cálculo y datos numéricos y aritméticos. Además, también es denominado “cognición matemática” y “aritmética matemática” (Rosselli y Matute, 2011).

Este trastorno del aprendizaje puede ser comórbido con otro de ellos, la dislexia o trastorno específico del aprendizaje con dificultades en la lectura, que afecta a la fluidez de la lectura, la comprensión y precisión de la lectura (DSM-5, 2013; Rosselli y Matute, 2011). El término dislexia es “utilizado para referirse a un patrón de dificultades del aprendizaje que se caracteriza por problemas con el reconocimiento de palabras en forma precisa o fluida, deletrear mal y poca capacidad ortográfica” (p. 127). Ambos trastornos poseen una prevalencia de hasta el 15% en los menores con edad escolar, mientras que, en adultos, se especula que se reduce a un 4% (DSM-5, 2013). Es muy probable que esta diferencia se deba a compensación en edad adulta, no necesariamente a que la dificultad desaparezca en la adultez.

Tanto la discalculia como la dislexia son diagnosticadas durante la infancia y normalmente sus diagnósticos son producidos durante el ciclo de educación primaria; los síntomas, normalmente conductuales, varían a lo largo de la vida y según la edad (DSM-5, 2013).

## Componentes Básicos Del Sistema Numérico

Existen dos modelos principales que explican la representación numérica: el Modelo Modular de Código Abstracto de McCloskey y El Modelo de Triple Código (TCM, por sus siglas en inglés *Triple Code System*) de Dehaene y Cohen. El Modelo modular de código abstracto de McClokey diferencia dos sistemas cognitivos diferentes: sistema de procesamiento del número, compuesto, a su vez, por el sistema de comprensión y el sistema de producción; y el sistema de cálculo, tanto mental como escrito (Jacubovich, 2006).

Dehaene y Cohen presentaron en 1995 una alternativa al modelo modular: el TMC. En él se distinguen tres sistemas de representación diferentes: sistema cuantitativo (representaciones semánticas no verbales, los números se situarían en una línea numérica analógica), sistema verbal (representaciones por medio del léxico, la fonología y la sintáctica)

y sistema visual (representaciones en números arábigos). Se trata de un modelo neurocognitivo, por lo que cada uno de los sistemas cuenta con localizaciones de las áreas implicadas (por ejemplo, el área parietal en el sistema cuantitativo y la red neuronal perisilviana en el sistema verbal) (Dehaene, Piazza, Pinel, y Cohen, 2003; Jacobovich, 2006). Aunque estos tres códigos son activados mutuamente, solo los outputs verbales activan las representaciones en formato verbal y los símbolos arábigos la representación en formato arábigo (Jacobovich, 2006).

### **Sistema numérico aproximado**

El Sistema Numérico Aproximado (ANS, por su traducción inglesa *Approximate Number System*) produce representaciones numéricas no verbales abstractas. Estudios previos mostraron que ya con seis meses de edad los bebés discriminan entre dos cantidades cuando el ratio es de 1:2, mientras que los adultos pueden llegar a discriminar entre cantidades cuyo ratio es de 7:8 (Halberda y Feigenson, 2008).

El estudio realizado por Halberda y Feigenson (2008) en niños de edades entre 3 y 6 años y adultos enfatiza la importancia del desarrollo de la capacidad de aproximación numérica no verbal para el desarrollo del razonamiento cuantitativo. Los resultados demostraron que las redes neuronales encargadas de los procesos aritméticos no se terminan de desarrollar hasta edades cercanas a la adolescencia, por lo que este estudio en niños solo produce un acercamiento al desarrollo de dichas redes; la discusión del estudio plantea la importancia del entrenamiento en este tipo de tareas, con resultados satisfactorias en aritmética simbólica y no simbólica.

### **Intersecciones Entre El Sistema Numérico Y El Sistema Lingüístico**

Aunque las áreas parietales se consideran distintivas del procesamiento numérico, el lóbulo parietal inferior también es compartido con el lenguaje. Así, las bases neuronales del lenguaje cumplen un papel esencial en el cálculo exacto, que no en el aproximado (Dehaene et al. 2003).

En el modelo de triple código, presentado por Dehaene y Cohen, los sistemas cuantitativo y verbal comparte redes neuronales similares a las implicadas en el lenguaje, Uno de los tres códigos propuestos, el código verbal, necesita de la red perisilviana en el hemisferio dominante y es imprescindible también para el correcto desarrollo del lenguaje (Dehaene et al., 2003).

En su estudio, Dehaene et al. (2003) distinguieron tres tipos de circuitos implicados en el procesamiento numérico. El primero de ellos, el segmento horizontal bilateral en el surco intraparietal (HIPS, por su traducción al inglés *Horizontal Segment of the Intraparietal Sulcus*), implicado en el sistema cuantitativo; el segundo, el giro angular izquierdo (AG, del inglés *Angular Gyrus*) implicado en el manejo numérico verbal; y el tercero, el sistema parietal posterior superior (PSPL, del inglés *Posterior Superior Parietal System*) por su papel en los procesos atencionales.

En su meta-análisis de estudios de neuroimagen, Dehaene, Piazza, Pinel y Cohen (2003) demostraron que el HIPS muestra mayor actividad cuando se llevan a cabo actividades cuantitativas (p.e. sumas simples), mientras que la actividad aumentaba en dicha zona del hemisferio derecho cuando se trataban de conjuntos de sumas y restas. Esta área también se ve implicada en la comparación de números, siendo mayor en el hemisferio derecho. Esto puede deberse a que, para llevar a cabo la comparación numérica, es necesario establecer una relación numérica abstracta. Aunque la actividad de esta área es bilateral, el estudio demostró que, por un lado, la activación se intensifica en actividades numéricas no simbólicas y, por otro lado, que la cantidad de activación es modulable, siendo más intensa cuando se relacionan con parámetros semánticos como el uso de números más largos.

Por otro lado, el AG mostró activación en aquellas tareas que implican procesamiento verbal (p.e. las multiplicaciones), siendo esta zona, una de las implicadas en el sistema lingüístico (lectura y memorización de palabras de corta longitud). Además, muestra mayor activación cuando se presentan tareas de aritmética exacta. Al usar las redes neuronales implicadas en la memoria verbal en factores aritméticos, se demuestra su dependencia con el desarrollo del lenguaje. Al contrario que el circuito anterior, la AG incrementa su activación cuando se implican números simbólicos arábigos de cantidades menores a 10 (Dehaene y Cohen, 1995; Dehaene et al., 2003). Estudios de esta área concreta en pacientes de caso único con problemas en la lectura, demostraron la independencia entre las restas y el sistema lingüístico y la dependencia de las multiplicaciones en este mismo sistema. En cuanto a las sumas, la literatura nos muestra que existen dos vías explicativas, por mera recuperación de la memoria, como en las sumas simples o bien por la implicación del sistema cuantitativo, sumas de grandes números. Por lo tanto, las restas y otras operaciones cuantitativas se servirían del sistema cuantitativo mientras que las multiplicaciones y operaciones simples que hacen uso de la memoria, que implica el sistema verbal. (Dehaene et al. 2003).

Por último, el PSPL muestra mayor activación, al igual que la HIPS, durante las tareas de comparación numérica, además, también en aproximaciones, y operaciones que impliquen

más de un sistema (por ejemplo, dos sumas, dos restas o suma y resta). Destaca por su importancia en tareas visoespaciales como movimientos con las manos (agarre o extensión), rotación mental y memoria de trabajo espacial. Por la relación entre todas ellas, se establece que el PSPL está implicado en dimensiones mentales relativas al tiempo o espacio.

Investigaciones previas mostraban que el núcleo de las representaciones numéricas cuantitativas es similar a una línea numérica en la cual organizamos los números de manera aproximada, por lo que es asumible la correlación entre la capacidad de localización en el espacio junto a la distribución numérica en la línea abstracta numérica (Dehaene et al. 2003).

Siguiendo otra línea, tanto la memoria de trabajo (MT) como la memoria a corto plazo están involucrados en el correcto funcionamiento del sistema de cálculo mental aritmético. Al mismo tiempo, la memoria de trabajo se compone del ejecutivo central, el loop fonológico (PL, por sus siglas en inglés *Phonological loop*) y la memoria visoespacial (VSSP, del inglés *Visuospatial sketchpad*), siendo estos dos últimos los encargados tanto del procesamiento visual como del lenguaje (McKenzie, Bull y Gray, 2003; Baddeley, 2012; Galitskaya y Drigas, 2021). Por lo que, sistemáticamente, se puede establecer la intersección entre ambos sistemas (numérico y del lenguaje).

McKenzie, Bull y Gray (2003), compararon el uso de la PL y del VSSP en la resolución de tareas aritméticas en niños de entre 6 y 9 años. El estudio concluyó que, con menos edad el rendimiento queda asociado a la VSSP, mientras que, conforme incrementa la edad y el desarrollo del ejecutivo central (entre otros sistemas), el rendimiento se asociaría paulatinamente más con el PL y disminuye su asociación con VSSP, aunque no se llegase a perder de manera totalitaria. El estudio demostró que, aun siendo posible obtener un alto porcentaje de aciertos en las tareas con el uso predominante de la VSSP, este porcentaje aumentaba significativamente cuando las respuestas involucraban el uso de PL.

Si bien ambos sistemas, PL y VSSP, son controlados por el ejecutivo central, el uso tardío de PL se asocia al desarrollo del lenguaje, siendo más tardío este que el desarrollo de las capacidades visuales. Es por ello que, a mayor desarrollo del lenguaje, mayor es la exactitud de las respuestas y rendimiento del sistema de cálculo mental aritmético (McKenzie et al., 2003).

Ya en un estudio previo (2000) realizado por Poblano, Valadéz-Tepec, de Lourdes y García-Pedroza, estudiando las capacidades de estos mismos sistemas en niños de entre 7 y 8 años (estando todos en el mismo curso escolar) separados entre grupo de control y aquellos con diagnóstico de dislexia, encontraron diferencias significativas en cuanto a la tarea

relacionada con la VSSP, obteniendo mayores puntuaciones en el grupo de control; los mismos resultados se dieron en las tareas que implican el PL.

A modo resumen, el PL se relaciona de manera más directa con el lenguaje, y con VSSP, se relacionan con el procesamiento numérico, por lo que es asumible la comorbilidad entre la dislexia y la DD, siendo más probable que al padecer una de ellas, también se presente la otra.

Galitskaya y Drigas (2021) exponen que las personas con DD tienen ciertos déficits en las funciones ejecutivas (FEs), que serían la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva o *set shifting*. Estas deficiencias en las FEs se dan en otras patologías como la dislexia o el TDAH. Este problema en las FEs se relaciona, en la discalculia, con actividad neuronal anómala en el lóbulo parietal y el surco intraparietal en ambos hemisferios.

Exponen que la VSSP, afectada en la DD, afecta a la hora de determinar magnitudes numéricas, así como en la resolución de problemas aritméticos y procedimientos matemáticos, sin embargo, estas capacidades pueden ser trabajadas y entrenadas, de tal manera que se reduzcan los efectos de la DD (Galitskaya y Drigas, 2021).

Además, los niños con dislexia presentan mayores problemas en el PL, mientras que los niños con DD, en VSSP. Ambos grupos, por lo tanto, presentan problemas en MT y cuando se da comorbilidad, suelen mostrar problemas más graves en el funcionamiento de ésta. En contraposición, un estudio que realizó una comparación entre niños con discalculia, dislexia o ambos frente a un grupo de control, halló que los tres grupos con trastornos específicos del aprendizaje obtuvieron peores puntuaciones en procesamiento numérico y percepción visual frente al grupo de control (Galitskaya y Drigas, 2021).

### **El Presente Estudio - Objetivos**

La presente investigación se basa en una prueba realizada con realidad virtual (RV), consta de 12 tareas, 10 de ellas relacionadas con la discalculia, mientras que las dos últimas se relacionan con la dislexia. Este estudio se centra en las tareas específicas de aritmética no simbólica (T7), simbólica (T8) relación con la tarea de fonología (T11). Además, se tendrá en cuenta los resultados obtenidos en la primera tarea (T1) basada en ANS que permite establecer las representaciones numéricas de cada participante.

En esta primera tarea se le presenta un grupo de puntos que se compone al mismo tiempo de dos subgrupos diferenciados por dos colores, todos ellos juntos y mezclados. El sujeto debe indicar por qué subgrupo está compuesto en su mayoría. Para ellos se le presentan

tres botones, dos correspondientes a los colores de los subgrupos y otro de color blanco que deben pulsar para indicar igualdad entre las cantidades. En cuanto al tamaño de los puntos, los ítems pueden ser congruentes (el área total ocupada por los puntos es mayor en el subgrupo con mayor numerosidad), incongruentes (el área total ocupada por los puntos es menor en el subgrupo con mayor numerosidad) y variar (el área total varía cambiando su tamaño en dos direcciones: de congruentes a incongruentes y de incongruentes a congruentes, permitiendo medir el grado de congruencia que el participante necesita para discriminar las numerosidades).

La tarea de aritmética no simbólica (T7) se basa en una secuencia de sumas y restas, que comienzan con dos comandos y progresivamente aumenta hasta 4. Las variables que se tienen en cuenta son el número de operaciones y el número de cambios de tipo de operación. La tarea de aritméticas simbólicas (T8) se basa en una serie de multiplicaciones, la principal variable es el tipo de respuesta que puede ser correcta (p.e.  $2 \times 4 = 8$ ), incorrecta relacionada con los factores de la multiplicación (p.e.  $2 \times 4 = 6$ ) o incorrecta no relacionada (p.e.  $2 \times 4 = 7$ ).

En cuanto a la tarea de fonología (T11) consta de una serie de objetos familiares y sonidos representados por letras a los cuales el participante debe responder si dicho sonido se encuentra relacionado o no con el objeto de que se presenta.

En este estudio preliminar se estudiarán diferentes correlaciones entre tareas fonológicas y aritméticas, estudiando los datos de un grupo de sujetos y la comparación de los resultados de dicho grupo en comparación con un sujeto adulto con diagnóstico de TDAH.

De manera más concreta, se estudiará la relación entre las 4 tareas en el grupo, intentando establecer las relaciones existentes entre ellas. A continuación, se llevará a cabo un análisis intra-tarea. También, se pretende establecer el ratio máximo que necesita cada participante para poder discernir entre la numerosidad de dos conjuntos de puntos (por encima del 50%) (T1); si tanto el número de operaciones como de cambios en las operaciones se relacionan con el tiempo de reacción (RT, por sus siglas en inglés *Reaction Time*) y la proporción de aciertos (T7). En relación con T8, se espera que las respuestas correctas requieran menor tiempo que las respuestas incorrectas, mientras que las respuestas no relacionadas implican menor tiempo para discernirlas que las incorrectas relacionadas. En relación con la tarea de fonología (T11), el principal objetivo es establecer su relación con el resto de las tareas. Todas ellas serán contrastadas, cuantitativas y cualitativamente entre el grupo y un participante con diagnóstico de TDAH (ver apartado de participantes).



## **Método**

### **Participantes**

La muestra constaba de un grupo de control de 18 personas (a partir de ahora llamado grupo control) sin diagnósticos de patologías y una persona con diagnóstico de TDAH (a partir de ahora llamado AT). La edad promedio del grupo era de 20,6 años, por su parte, la de AT era 21.

### **Instrumentos**

Para la realización del test se usaron las gafas de RV Meta Quest 2 y el controlador correspondiente de la mano derecha.

Cada participante realizó el test de 12 pruebas una sola vez y sin interrupción. Antes de acceder a las tareas el test presenta dos pruebas simples para la habituación al uso del mando y presentación de estímulos, la primera de ellas trata de señalar tres figuras situadas a la izquierda, derecha y enfrente, la segunda trata de coger un elemento e introducirlo dentro de un balde que se presenta en frente.

El test consta de un panel principal con las 12 pruebas enumeradas y situadas en el orden de realización, para acceder a ellas, se señala con el mando y se pulsa el botón, tras realizar cada prueba, se regresa de manera automática al panel.

Cada prueba consta de una explicación previa y unos ejemplos con respuesta sonora (dependiendo si responde correcta o incorrectamente), después se repiten en modo de advertencia las directrices simples de cada prueba y el comienza la prueba (sin respuesta sonora en aciertos o fallos). El número de ítems en cada tarea varía según las variables, por lo que la duración de las mismas es variable.

### **Procedimiento**

Cada participante fue informado del propósito de la investigación tanto de manera oral como escrita. Seguidamente firmó el consentimiento con todos sus datos y se contestaron las dudas que pudiesen tener sobre el procedimiento.

Se les disponía sentados en medio de un espacio libre sin objetos cerca, de tal manera que la movilidad quedaba reducida al espacio que podían alcanzar desde el sitio sin levantarse. Se le colocaron y ajustaron las gafas de RV y el mando con el que realizar el test. Se les guio al principio de la demostración y en el momento que comenzaban las indicaciones no se señalaban más indicaciones ya que se trata de un test autónomo.

La realización de la prueba duraba en torno a 50 minutos, durante la realización se controlaba que el sujeto entendiese con claridad las pruebas monitorizando la señal y por medio de los sonidos que se producían en las demostraciones y ejemplos a realizar. Además, se controlaba que estuviesen cómodos y no RV.

Tras la aplicación del test se hicieron preguntas sobre la realización del mismo, problemas que hubiesen experimentado, opinión personal sobre el mismo y se resolvieron las dudas sobre la finalidad de cada una de las tareas. Se comprobó que cada participante se encontraba correctamente antes de que abandonase la sala.

### **Análisis De Variables Y Medidas**

De la primera tarea (ANS) sólo se tendrán en cuenta dos de las variables, 1) el Ratio, que da información sobre la discriminabilidad de las magnitudes numéricas y, como variable dependiente 2) la Proporción de Aciertos, que indica el número de respuestas correctas que ha dado cada participante. Además, solo se consideran aquellos ítems donde el tamaño de las numerosidades era constante (todo el tiempo congruente o incongruente).

La tarea 7, aritmética no simbólica, cuenta con diversas variables: 1) El Número de Cambios, hace referencia a las secuencias de las operaciones, siendo que, si se mantiene la misma operación, por ejemplo, sumar, no hay cambios, mientras que, si hay más de una operación, como sumar y después restar, cuenta como un cambio. El rango de cambios va desde 0 hasta 2. 2) El Número de Operaciones, hace referencia al número de operaciones que se presentan antes de ofrecer las respuestas, el rango oscila entre 1 hasta 3. Como variables dependientes se incluirán: 1) El tiempo de reacción (RT), se refiere al tiempo que los sujetos tardan en marcar la respuesta tras cada uno de los ítems. 2) La proporción de aciertos. 3) El Ratio de respuesta, se refiere al ratio del resultado dado vs. esperado, considerando tanto los aciertos como en los errores. Este ratio se obtiene dividiendo el número menor entre el mayor, de entre el resultado dado y el esperado.

La tarea 8, aritmética simbólica, constan tres variables: 1) Tipo de solución dada en las multiplicaciones presentadas (denominada *Relación* en el apartado de resultados), que pueden ser correctas, incorrectas no relacionadas (la respuesta dada no mantiene relación matemática con ninguno de los factores) e incorrectas relacionadas (la respuesta dada mantiene relación matemática con alguno de los factores). Las variables dependientes, de nuevo serán: 1) RTs y 2) la proporción de aciertos (descritos anteriormente).

Por último, la tarea 11 de fonología consta de dos variables globales dependientes: 1) RTs y 2) proporción de aciertos, (descritas anteriormente).

## Resultados

### Análisis Inter-Tarea

Se llevó a cabo un análisis factorial exploratorio cuyas variables fueron los RTs en las tareas T7, T8 y T1, además del ratio individual de discriminación de numerosidad aproximada (T1). El análisis mostró un factor que se asocia a las tareas T7, T8 y T11 y que es independiente del ratio en la T1 ( $\chi^2 = 12,26, p = 0,002$ ) (Ver Figura 1 y Tabla 1).

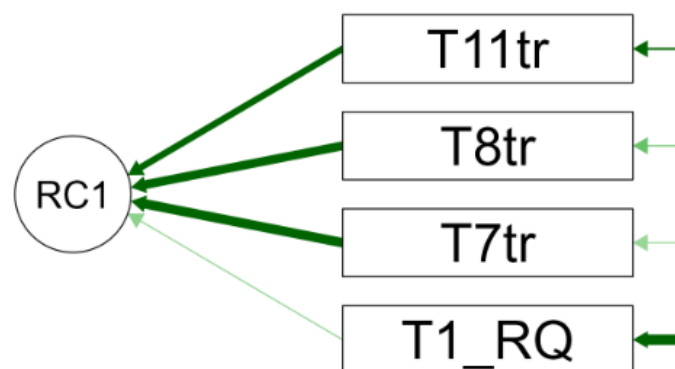
Tabla 1

*Factor obtenido en el análisis factorial exploratorio*

	<b>Factor 1</b>	<b>Unicidad</b>
T7 RT	1,001	-0,001
T8 RT	0,769	0,409
T11 RT	0,533	0,716
T1 Ratio		0,994

Figura 1

*Diagrama correspondiente al análisis factorial exploratorio*



En relación con T1, el ratio que necesita el participante para discriminar por encima del 50% correlaciona con la proporción de aciertos en T7 en tamaños grandes (es decir, al discernir los números 8 y 9 frente al resto) ( $r = 0,425, p = 0,044$ ). No se han encontrado relaciones significativas ( $p \geq 0,475$ ) entre T1 y T8, entre el ratio (T1), la proporción de

aciertos (T1 y T8) y RT de T8. Por tanto, la eficacia en la discriminación de numerosidades y la ejecución en aritmética no simbólica depende del tamaño de la solución.

## Análisis Intra-Tarea

### T1 - Sistema numérico aproximado.

Se ha encontrado una fuerte correlación entre los ratios de los ítems y la proporción de aciertos ( $r = 0,774$ ,  $p = 0,01$ ). En cuanto a Promedio de aciertos, el grupo de control ha obtenido un promedio de  $\bar{x} = 0,602$  ( $SE = 0,12$ ), mientras que AT  $\bar{x} = 0,153$ . Es decir, AT mostró un muy bajo nivel de ejecución en esta tarea.

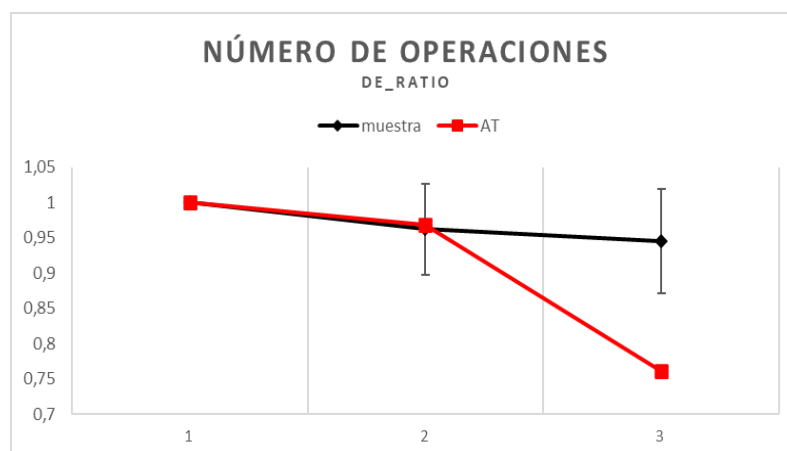
### T7 - Tarea de Aritmética No Simbólica.

#### 1. Número de operaciones y ratio de las respuestas.

Por medio de una ANOVA unifactorial, se encontró un efecto significativo entre Número de Operaciones y el Ratio de las Respuestas en el grupo control ( $F_{(2,32)} = 4,15$ ,  $p = 0,037$ ). Es decir, el número de operaciones incluidas en los ítems tuvo impacto en la diferencia entre el resultado correcto y el dado por los participantes; a mayor número de operaciones, menos precisa era la respuesta dada. Los contrastes pot-hoc por pares muestran diferencias de medias estadísticamente significativas ( $p=0,007$ ) para la variable Número de Operaciones cuando el cambio era de 1 a 3 operaciones, pero no para 1 a 2 operaciones, ni para 2 a 3 operaciones (en ambos casos  $p \geq 0,28$ ) (Figura 2).

Figura 2

*Puntuaciones del Ratio de las Respuestas según el Número de Operaciones*



### *Comparación con AT.*

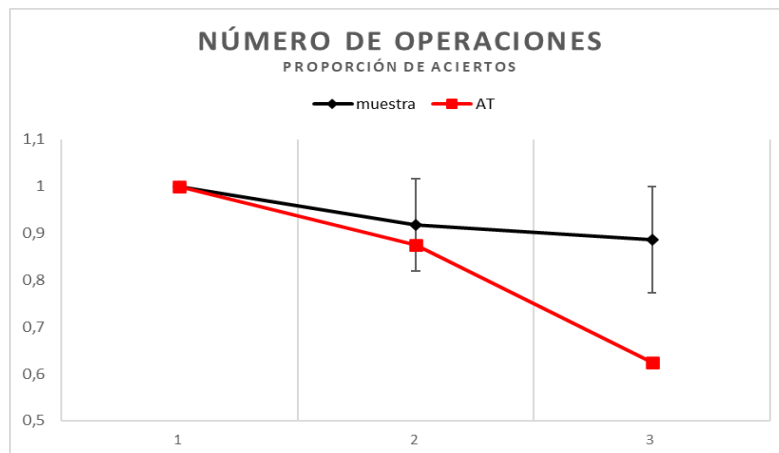
En cuanto a AT, parece seguir la misma tendencia que la muestra (Ver Figura 2), pero la ANOVA no muestra un efecto significativo del Número de Operaciones ( $p = 0,16$ ). Sin embargo, AT muestra una mayor imprecisión en la condición de tres operaciones en comparación con la muestra, este contraste es significativo ( $t_{(1,31)} = 2,027$ ;  $p < 0.000$ ).

## **2. Número de Operaciones y Aciertos-Errores**

El número de operaciones provocó un mayor número de errores, en el grupo control se halló un efecto significativo del Número de Operaciones ( $F_{(2,32)} = 8,124$ ,  $p = 0,003$ ). Los análisis por pares mostraron diferencias entre el número de operaciones 1 vs. 2 ( $t_{(1,17)} = 3,418$ ,  $p = 0,004$ ) y 1 vs. 3 ( $t_{(1,17)} = 4,152$ ,  $p = 0,001$ ), pero no había diferencias en 2 vs. 3 ( $p = 0,373$ ). Es decir, que en Número de Operaciones igual a 1, la probabilidad de error disminuía (Figura 3).

Figura 3

*Proporción de Aciertos según el Número de Operaciones*



### *Comparación AT.*

De nuevo la ANOVA equivalente a los datos de AT no mostró un efecto del número de operaciones ( $p = 0,205$ ). Sin embargo, de nuevo la proporción de errores en la condición de tres operaciones disminuyó significativamente con respecto a la muestra ( $t_{(1,31)} = 2,098$ ;  $p < 0.000$ ).

### 3. Número de Operaciones y RT

En la muestra en el Número de Operaciones, se encontraron efectos significativos ( $F_{(2,32)} = 6,561, p = 0,005$ ). En el grupo de control en la variable independiente Número de Operaciones, se encontraron diferencias de medias estadísticamente significativas cuando los cambios eran de 1 vs. 2 operaciones ( $t_{(1,17)} = -3,20, p = 0,006$ ) y 2 vs. 3 ( $t_{(1,17)} = 2,876, p = 0,011$ ), pero no eran 1 vs. 3 ( $p = 0,384$ ).

#### Comparación con AT

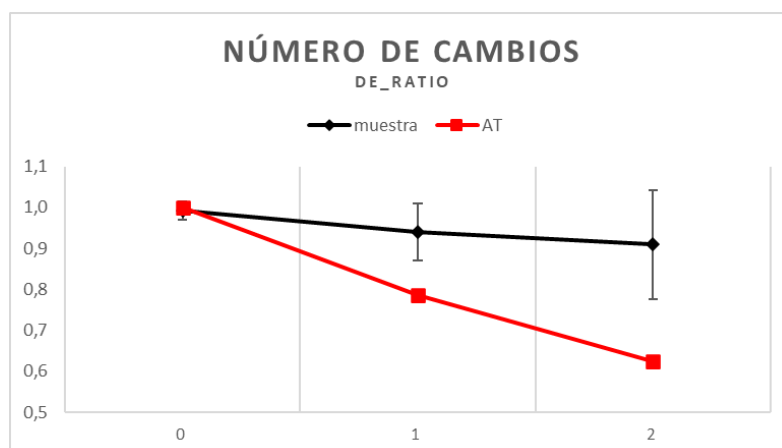
En AT se encontraron efectos similares a los de la muestra ( $F_{(2,28)} = 3,536, p = 0,044$ ) y también en Grupo  $\times$  Número de Operaciones ( $F_{(2,79)} = 5,404, p = 0,006$ ). Sin embargo, AT obtuvo RTs contrarios a los del grupo control (Ver Figura 4).

### 4. Número de Cambios y Ratio de las Respuestas.

Se halló un efecto significativo del Número de Cambios en el grupo control ( $F_{(2,32)} = 5,13$ ) como en AT ( $F_{(2,28)} = 3,485, p = 0,027$ ). Este efecto principal se explicó por los siguientes efectos simples: 0 vs. 1 cambios ( $t_{(1,17)} = 3,013, p = 0,008$ ) y 0 vs. 2 cambios ( $t_{(1,17)} = 2,429, p = 0,027$ ). En contraste, 1 vs. 2 no se observó diferencia significativa ( $p = 0,232$ ) (Figura 5). Por lo tanto, el número de cambios de operación también tuvo un impacto tanto en la precisión de la respuesta como en la proximidad de la respuesta incorrecta a la correcta (ratio). Concretamente, este ratio disminuye significativamente cuando no hay cambios de tarea.

Figura 5

Puntuaciones del Ratio de las Respuestas según el Número de Cambios



### *Comparación con AT.*

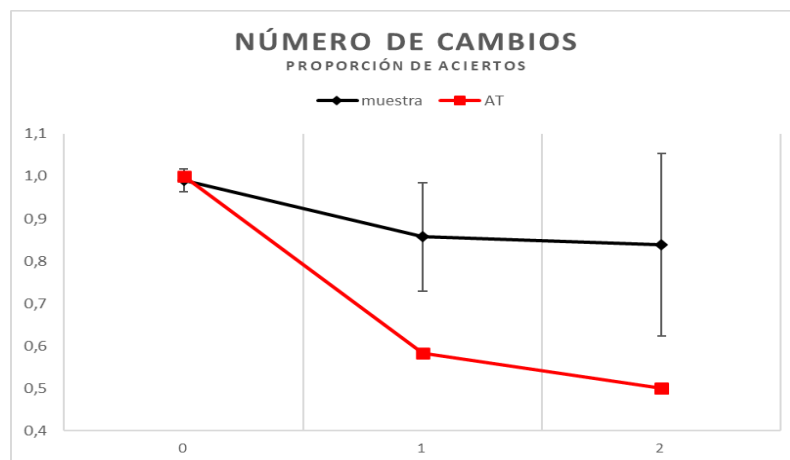
En AT se encuentra el mismo efecto principal del Número de Cambios que en la muestra ( $F_{(2,28)} = 3,485$ ;  $p = 0,046$ ). Sin embargo, se encuentra un descenso mayor en el ratio de respuesta esperada vs. dada para las condiciones de cambio 2 y 3 comparado las puntuaciones de AT con la muestra ( $F_{(2,77)} = 3,254$ ,  $p = 0,044$ ).

### **5. Número de Cambios y Proporción de Aciertos**

Se encontró un efecto significativo entre Número de Cambios en el grupo control ( $F_{(2,32)} = 6,672$ ,  $p = 0,008$ ). Este efecto principal se explica por una diferencia de medias estadísticamente significativa para la variable independiente Número de Cambios en 0 vs. 1 cambios ( $t_{(1,17)} = 4,055$ ,  $p = 0,001$ ) y para 1 vs. 2 cambios ( $t_{(1,17)} = 2,787$ ,  $p = 0,013$ ), pero no para 2-3 ( $p = 0,682$ ) (Figura 6). Por lo tanto, el Número de Cambios tiene un impacto en la proporción de aciertos. Concretamente, cuando se incluye cualquier número de cambios de operación (1 o 2) se genera una menor precisión en comparación a cuando no hay cambios.

Figura 6

#### *Proporción de Aciertos según el Número de Cambios*



### *Comparación con AT*

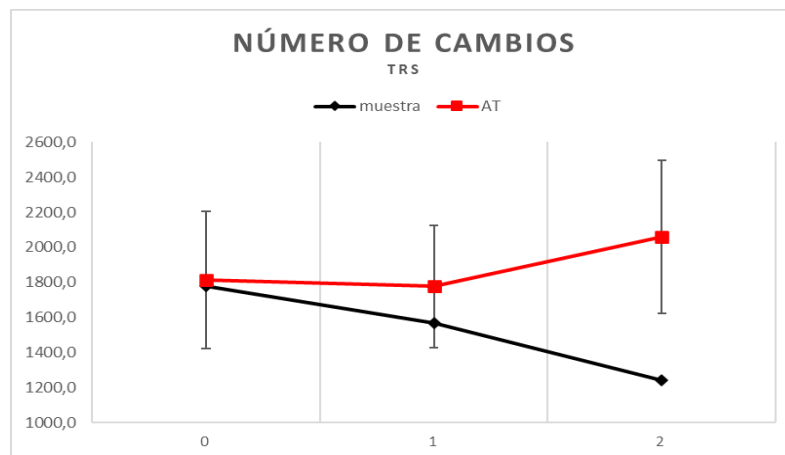
En el participante AT se observó el mismo efecto de Número de Cambios en la proporción de aciertos ( $F_{(2,28)} = 4,255$ ,  $p = 0,026$ ). En AT la proporción de errores disminuyó con respecto a la muestra en las condiciones de 1 y 2 cambios ( $t_{(1,27)} = 2,119$ ;  $p < 0,000$ ;  $t_{(1,19)} = 2,01$ ;  $p < 0,000$ ).

## 6. Número de Cambios y RT

Se halló un efecto significativo del Número de Cambios en el grupo control ( $F_{(2,32)} = 23,268, p = 0,000$ ). Teniendo en cuenta la variable independiente Número de Cambios, todas las diferencias de medias resultaron significativas: 0 vs.1 cambios ( $t_{(1,17)} = 2,373, p = 0,03$ ), 0 vs. 2 cambios ( $t_{(1,17)} = 5,401, p = 0,03$ ) y 1 vs. 2 cambios ( $t_{(1,17)} = 4,518, p < 0,000$ ) (Figura 7).

Figura 7

*Tiempos medios de Reacción según el Número de Cambios*



### *Comparación con AT*

El participante AT no mostró un efecto principal del número de cambios en los tiempos de reacción ( $p = 0,382$ ). Es decir, no se observó la disminución de RT en función del número de cambios. Sin embargo, se observó una interacción estadísticamente significativa entre Grupo  $\times$  Número de Cambios ( $F_{(2,79)} = 3,30, p = 0,043$ ). En el caso de AT el número de cambios no moduló los RTs pero mostró mayores tiempos que la muestra en la condición de 1 cambio ( $t_{(1,27)} = -2,278; p = 0,02$ ) y en la condición de 2 cambios ( $t_{(1,19)} = -3,501; p < 0,000$ ).

## T8 - Tarea de Aritmética Simbólica

### 1. Análisis de RTs

Por medio de una ANOVA univariada con la condición Relación (Correcto/Incorrecto Relacionado/Incorrecto No Relacionado), se halló un efecto significativo ( $F_{(2,32)} = 10,779, p = 0,001$ ) en el grupo control. Considerando la variable independiente Relación, se mostraron hallaron diferencias significativas entre las medias de la condición Correcto vs. Incorrecto Relacionado ( $t_{(1,17)} = -4,456, p < 0,001$ ) y Correcto vs.



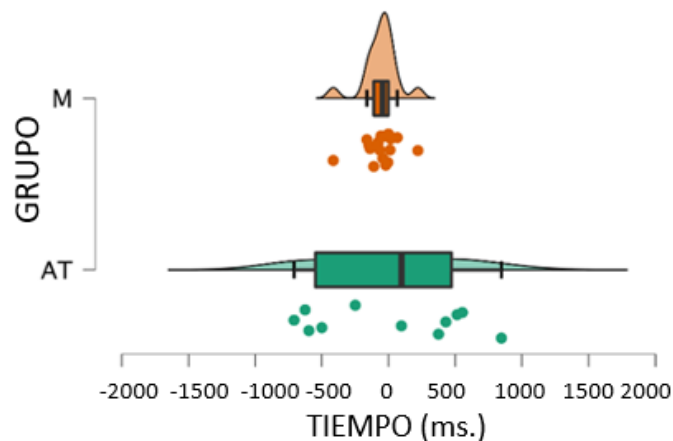
Incorrecto No relacionado ( $t_{(1,17)} = -2,726$ ,  $p < 0,015$ ), con menores tiempos en la condición Correcto. Se observó, además, una tendencia marginal para el contraste Relacionado vs. No Relacionado ( $t_{(1,17)} = 1,758$ ,  $p < 0,09$ ), con mayores tiempos en la condición Relacionado.

#### *Comparación con AT*

En AT no se observó el efecto principal de Relación, pero sí en Grupo  $\times$  Relación ( $F_{(1,78)} = 14,062$ ,  $p = 0,000$ ). Por otro lado, se calculó el *efecto de interferencia*, refiriéndose a la diferencia entre la proporción de aciertos (Incorrecto Relacionado – Incorrecto No Relacionado) para la muestra y para AT (Figura 8). Se observó mucha variabilidad en AT y una media de interferencia de 12.54 ms, aunque no resultó significativa ( $p = 0,52$ ). Sin embargo, en la muestra resultó significativa, lo que indica que los tiempos en Incorrecto Relacionado eran mayores que en Incorrecto No Relacionado ( $t_{(1,17)} = 1,8$ ,  $p = 0,045$ ).

Figura 8

*Efecto de interferencia en la muestra y en AT*



Si consideramos solo las respuestas acertadas, los resultados muestran un efecto significativo entre Condición  $\times$  RT en el grupo de control ( $F_{(2,32)} = 10,779$ ,  $p = 0,001$ ) y entre Grupo  $\times$  Condición  $\times$  RT ( $F_{(1,78)} = 14,062$ ,  $p = 0,000$ ), pero no en AT ( $p = 0,208$ ). En cuanto a la diferencia de medias estableciendo la variable independiente Condición, se encontraron diferencias de medias ( $p \leq 0,015$ ) entre Correcta-Relacionada ( $t_{(1,17)} = -4,456$ ) y Correcta-No Relacionada ( $t_{(1,17)} = -2,726$ ), pero no entre Relacionadas-No Relacionadas ( $p = 0,098$ ).

## 2. *Proporción de Aciertos*

En esta tarea fue respondida con facilidad, no hubo errores en general. No se encontraron efectos significativos en la variable Relación tanto en el grupo control ( $p = 0,241$ ) como en AT ( $p = 0,622$ ), tampoco entre Grupo  $\times$  Relación ( $p = 0,075$ ).

### **T11 - Tarea de Fonología.**

En cuanto al Promedio de RTs, se han encontrado una gran diferencia entre el grupo control ( $\bar{x} = 1211,54$ ) y AT ( $\bar{x} = 1489,04$ ) (Welch's  $t(1,32) = 15,58$ ;  $p < 0,001$ ). Por otro lado, no hay apenas diferencia entre las puntuaciones medias en Proporción de Aciertos (en grupo de control:  $\bar{x} = 0,95$ , en AT:  $\bar{x} = 0,89$ ).

## **Discusión**

En consideración con el principal objetivo de la evaluación de las tareas T7, T8 y T11 del test con RV, la extracción de factores marca un significativo efecto que bien podría relacionarse con la fonología, puesto que la T7 y T8 mantienen correlaciones significativas con T11, dicha tarea contiene un fuerte componente fonológico. Además, dicho efecto se disocia de T1 (ANS), siendo una tarea puramente numérica e independiente del lenguaje (Halberda y Feigenson, 2008).

Esta relación entre las tareas de aritmética y fonología apoya los estudios de autores como McKenzie et al. (2003), Baddeley (2012), Galitskaya y Drigas (2021), quienes exponen la relación entre la relación entre el PL y VSSP. Esta relación entre ambos componentes de la memoria de trabajo ayuda a la explicación de que DD y dislexia sean dos trastornos que se presentan de manera conjunta con frecuencia. Además, Dehaene et al. (2003) establecieron el uso de HIPS y PSPL en tareas matemáticas que implican el uso de funciones visoespaciales (aproximaciones y operaciones que impliquen más de un sistema, como en T7).

En relación con lo anterior, la relación establecida solo entre Ratio de T1 y Proporción de aciertos en tamaños grandes y no en pequeños en T7 puede deberse a que quienes presentan una discriminabilidad más alta en ANS, hacen uso del conteo en vez del cálculo, mientras que, por el contrario, a menor discriminabilidad, mayor uso del conteo y menor de estrategias visoespaciales.

La no existencia de relaciones entre T1 y T8 apoya lo dicho anteriormente, puesto que T1 es una tarea puramente matemática, ello implica que en T8 se hace uso de un componente fonológico y que T1 es independiente de este factor (McKenzie et al., 2003).

Destacar que los resultados de T1 nos indican que a mayor discriminabilidad de ratios en T1, menor proporción de errores en T1, por lo que se puede afirmar que dicha tarea es

válida para la medida de la percepción de magnitudes numéricas. Además, resulta eficaz para establecer los ratios máximos de discriminación en cada participante.

En la relación con la comparación del grupo control con AT, Galitskaya y Drigas (2021) destacaron la dificultad de inhibición en personas con TDAH, por su alteración de las funciones ejecutivas. En los datos obtenidos, se hace evidente que aspectos como la carga de procesamiento (p.e. aumentando el número de operaciones en T7) ha supuesto un empeoramiento en la ejecución de prácticamente todos los índices. Además, en T7 contiene un factor de inhibición en la variable Número de Cambios puesto que se debe inhibir la operación anterior y activar la presentada en cada cambio. AT mostró especial dificultad con el aumento de cambios de operación.

Por otro lado, se pudo apreciar diferencias en las redes de memoria aritmética entre AT y la muestra. Ello se observó en la falta de un efecto de interferencia en AT en T8. El desarrollo de estas redes requiere de memoria durante el aprendizaje (PL) (McKenzie et al., 2003).

Por último, en relación con T11, sorprendentemente, se hallaron altos tiempos de reacción en AT, por lo que sería de interés evaluar sus funciones de lectura. Del mismo modo, los resultados en tareas puramente numéricas (T1) también se encontraron alteradas, de modo que podría haber interferencia de las funciones ejecutivas en el manejo de cantidades.

## **Limitaciones**

Si bien ninguno de los participantes presentó problemas para la realización de las tareas en una sola sesión y sin descanso, por la duración de la misma, hubiese sido recomendable llevar a cabo una breve pausa en mitad de la realización, es decir, tras finalizar las primeras seis tareas. Sin embargo, destacar que ninguno de los participantes sintió como pesada o intensa la experiencia con RV, siendo ellos mismos quienes tomaron la decisión de no realizar pausas intermedias.

Destacar que la tarea de aritmética simbólica y la de aritmética no simbólica se realizan de manera consecutiva, por lo que sería necesario estudiar el efecto de interferencia de una sobre otra. Es importante señalar que, si bien estas tareas se consideran de tipo matemático, han mostrado una alta relación con el factor fonológico extraído.

En esta primera aproximación sobre la testación de la capacidad evaluativa del test no se han estudiado todas las correlaciones posibles por la cantidad de tareas y variables existentes, por lo que quedan abiertas líneas de investigación como por ejemplo el estudio del

efecto de inhibición o de la correlación entre el número de operaciones en T7 con los efectos de interferencia de T8. Ello puede abordarse con un análisis de componentes principales con mayor capacidad de abarque, donde se tengan en cuenta la totalidad de las tareas.

### **Conclusión**

La presente investigación ha puesto a prueba el test de RV para el diagnóstico de DD, específicamente en cuatro de las doce tareas (T1, T7, T8 y T11). Se han encontrado resultados en relación con componentes tanto matemáticos como fonológicos, recalcando la relación entre DD y dislexia por el uso de funciones ejecutivas conjuntas.

Además, se han comparado las puntuaciones obtenidas por el grupo de control y AT. Todo ello ha contribuido al estudio de las relaciones entre las variables dentro y fuera de cada tarea, cumpliendo con los objetivos del estudio.

### Referencias

- American Psychological Association [APA]. (2014). Manual de diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-5).
- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29.
- Dehaene, S. y Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of Number Processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83-120.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P. y Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Galitskaya, V y Drigas, A. (2021). The importance of working memory in children with dyscalculia and ageometria. *Scientific Electronic Archives*, 14(10), 64-68.
- Goswami, U. (2015). Neurociencia y educación: ¿podemos ir de la investigación básica a su aplicación? un posible marco de referencia desde la investigación en dislexia. *Psicología Educativa*, 21, 97-105.
- Goswami, U. (2017). A neural basis for phonological awareness? An oscillatory “temporal sampling” perspective. *Current Directions in Psychological Science*, 27(1).
- Halberda, J. y Fiegenson, I. (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.
- Jacobovich, S. (2006). Modelos actuales de procesamiento del número y el cálculo. *Revista de Argentina de Neuropsicología*, 7, 21-31.
- McKenzie, B., Bull, R. y Gray, C. (2003) The effects of phonological and visual-spatial interference on children’s arithmetical performance. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 93-108.
- Poblano, A., Valadéz-Tepec, T., de Lourdes, M. y García-Pedroza, F. (2000). Phonological and visuo-spatial working memory alterations in dyslexic children. *Archives of Medical Research*, 31(5), 493-496.
- Rosselli, M. y Matute, E. (2011). La neuropsicología del desarrollo típico y atípico de las habilidades numéricas. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 123-140.