

RELACIONES ENTRE PROCESAMIENTO FONOLÓGICO Y DIFERENCIAS INDIVIDUALES EN EJECUCIÓN MATEMÁTICA: UN ESTUDIO LONGITUDINAL

Sánchez, R.¹, Matilla, L.¹, Orrantía, J.¹

¹*Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación, Universidad de Salamanca*

mariarosario@usal.es

lauramatilla@usal.es

orrantia@usal.es

Resumen

En los últimos años muchas investigaciones se dirigen a explicar las diferencias individuales en ejecución matemática. Tanto la habilidad específica para procesar magnitudes, como factores más genéricos influyen en el desarrollo matemático. Aquí pretendemos comprobar si el procesamiento fonológico influye en tareas de rendimiento matemático y más específicamente, si la conciencia fonológica es capaz de explicar por sí misma las diferencias en rendimiento matemático. Para ello, evaluamos a niños de 5 años en tareas de procesamiento numérico y fonológico y un año después medimos su ejecución en matemáticas. Los resultados muestran que, no solo el procesamiento fonológico en general, sino que también la conciencia fonológica en particular, influyen en el rendimiento matemático. Esto nos indica que la conciencia fonológica podría ser una habilidad de dominio general que influye en el desarrollo matemático.

Palabras clave: ejecución matemática; conciencia fonológica; conciencia segmental; memoria a largo plazo; niños

1. Introducción

Ciertas habilidades aritméticas tales como sumar o restar son fundamentales para una participación exitosa en el ámbito educativo y en la vida cotidiana. La base sobre la que se sustentan estas habilidades se establecen en la infancia donde ya podemos encontrar marcadas diferencias individuales en la competencia matemática. En los últimos años ha habido un creciente interés en los factores cognitivos que subyacen a dichas diferencias individuales. Por un lado, se ha encontrado que la capacidad de procesar magnitudes numéricas es un importante factor de dominio específico en el desarrollo de las matemáticas (para una revisión, ver: De Smedt, Noel, Gilmore&Ansari, 2013; Schneider, Beeres, Coban, Merz, Schmidt, Stricker & De Smedt, 2016). Por otro lado, también se han identificado como factores cruciales para el desarrollo de las habilidades matemáticas, habilidades de dominio general como son la memoria de trabajo (Adams & Hitch, 1997), el procesamiento fonológico (Barnes, Raghubar, English, Williams, Taylor & Landry, 2014), y la velocidad de procesamiento (Bull & Johnston, 1997).

La mayor parte de las investigaciones dirigidas a explicar las diferencias individuales en ejecución matemática se han centrado en el procesamiento de magnitudes numéricas. Sin embargo, en los últimos años ha surgido un creciente interés en analizar cómo ciertas habilidades de dominio general son capaces de explicar las diferencias individuales en ejecución matemática que ya son visibles en los primeros años de escolarización. Estos trabajos se han llevado a cabo utilizando diversas medidas de competencia matemática, tales como la suma o la resta de un dígito (Barrouillet, Mignon & Thevenot, 2008) y la multiplicación (Schleepen, Van Mier & De Smedt, 2016).

Con la intención de analizar la influencia que algunas de estas medidas de dominio general tienen en los procesos de lectura y en la ejecución en matemáticas, Simmons y Singleton (2007) realizaron un estudio longitudinal con niños de 5 años de edad a los que evaluaban en memoria viso espacial y en procesos fonológicos (medidos a través de una tarea de rimas) y a los que también evaluaron durante los siguientes 4 años en lectura y en competencia matemática a través de operaciones pequeñas de cálculo. Encontraron que el procesamiento fonológico explicaba tiempo después, la ejecución en lectura y en matemáticas. Sin embargo, la memoria viso espacial, solamente explicó el rendimiento en matemáticas y no en lectura. Una de las explicaciones que plantearon los autores, es que los niños estaban en una etapa temprana de la educación formal, y por tanto, estarían empezando a utilizar estrategias verbales para resolver problemas aritméticos, pero todavía no habrían abandonado el uso de modelos mentales no verbales para la resolución de problemas. De este modo, se explicaría que tanto la fonología como la memoria espacial-visual influían en la aritmética.

En un estudio longitudinal posterior realizado por Krajewski y Schneider (2009), analizaron la influencia que tiene el procesamiento fonológico y las competencias numéricas y cuantitativas (medidas que se toman en un primer momento en niños que tampoco habían comenzado la instrucción formal en matemáticas, 5 años), en la ejecución matemática (medida que se obtiene tres años después de haber tomado las primeras, cuando los niños se encuentran cursando tercero de Educación Primaria). Estas últimas medidas las obtuvieron a partir de problemas manipulativos no simbólicos y de problemas verbales en el contexto de una historia. Encontraron que la fonología explica el rendimiento en matemáticas únicamente cuando el uso de las palabras numéricas no estaba asociado a las cantidades que representan, es decir, cuando se trataba de problemas que se resolvían recuperando el resultado de la memoria a largo plazo. Sin embargo, cuando se trataba de problemas en los que tenían que utilizar otras estrategias o procedimientos para resolverlos, la fonología ya no influía en el nivel de ejecución de los niños.

Este trabajo parece indicar que las habilidades fonológicas estaban relacionadas con la aritmética únicamente cuando ésta era medida con tareas que se resuelven mediante la recuperación del resultado a través de los códigos lingüísticos de la memoria a largo plazo. Siguiendo esta línea de investigación, De Smedt, Tylor, Archibald y Ansari (2010) realizaron un trabajo en el que examinaron la asociación entre el procesamiento fonológico y la ejecución aritmética utilizando como medida de ésta última, operaciones de cálculo, tanto sumas como multiplicaciones, pequeñas (clasificadas así cuando el producto de los sumandos o

multiplicandos es menor que 25) y grandes (cuando el producto de los sumandos o multiplicandos es mayor que 25). Los resultados de la investigación indicaron que la conciencia fonológica estaba relacionada solamente con las operaciones pequeñas, es decir, aquellas que tenían una alta probabilidad de ser resueltas a través de la recuperación de los hechos desde la memoria y no con aquellas que requerían de procedimientos y estrategias de resolución para ser realizadas. Estos resultados mostraron que la calidad de las representaciones fonológicas en la memoria a largo plazo de los niños era la variable que explicaba las diferencias individuales en la ejecución aritmética en sumas y multiplicaciones pequeñas. Esto sugería que las representaciones fonológicas estaban relacionadas con una recuperación de hechos más eficiente.

Otro trabajo que apoyó la idea de que los procesos fonológicos explicaban la ejecución aritmética con operaciones cuyo resultado es recuperado de la memoria mediante códigos lingüísticos, es el realizado por Schleepen, Van Mier y De Smedt (2016). En este trabajo evaluaron a una muestra de alumnos de cuarto curso de Educación Primaria en tareas de procesamiento de magnitudes simbólicas y no simbólicas, así como en memoria fonológica a corto plazo. Los resultados que encontraron revelan que tanto las tareas de comparación de magnitudes simbólicas y no simbólicas, como la memoria fonológica a corto plazo, explicaron de manera significativa la ejecución de los niños en la tarea de recuperación de hechos de la memoria en multiplicaciones pequeñas. Cabe destacar que la medida que más influyó en la tarea de multiplicaciones, era la tarea en la que los participantes debían comparar dos números y decidir cuál de los dos era mayor numéricamente (comparación de magnitudes simbólicas).

En este campo de la aritmética, también se han llevado a cabo estudios de neuroimagen que han mostrado que el giro angular izquierdo en particular, está relacionado con operaciones y problemas que se resuelven mediante la recuperación de hechos de la memoria a largo plazo, proceso que asumimos que está basado en los códigos verbales (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003). Un reciente estudio de neuroimagen (Rivera, Reiss, Eckert & Menon, 2005) reveló que el giro supramarginal izquierdo mostraba un incremento en su activación durante la resolución de problemas y operaciones que relacionados con la edad, lo cual nos sugiere que existe un creciente uso de la recuperación de hechos representados fonológicamente durante la resolución de problemas aritméticos, unido a una dependencia cada vez menor del uso de estrategias que requieren un mayor uso de recursos cognitivos a la hora de resolver dichos problemas. Además de estos datos resultantes de los estudios de neuroimagen funcional, se ha encontrado que la materia blanca temporoparietal izquierda está asociada tanto con la lectura (Niogi & McCandliss, 2006) como con la aritmética (Van Eimeren, Niogi, McCandliss, Holloway y Ansari, 2008). Este solapamiento de circuitos en regiones cerebrales similares puede sugerir que la lectura y la aritmética comparten algunos procesos neurocognitivos básicos.

Al revisar la investigación previa, vemos que las muestras con las que se ha puesto a prueba la relación entre el procesamiento fonológico y la ejecución matemática, están compuestas en su mayoría, por niños que están cursando la Educación Primaria. Estos niños ya tienen unos años de experiencia con los números, el cálculo y la resolución de problemas, por lo que ya tienen una importante cantidad de hechos numéricos almacenados en su memoria a largo plazo. Según los resultados de los trabajos comentados anteriormente, el procesamiento fonológico explica la ejecución en tareas de cálculo sencillo, puesto que se resuelven haciendo uso de la memoria fonológica al recuperar los hechos numéricos. Además, sabemos que esta relación entre los procesos fonológicos y la aritmética, incrementa a medida que se avanza en edad puesto que vamos almacenando más hechos en la memoria. Consideramos que sería más que interesante analizar esta relación con niños pequeños puesto que su exposición al número ha sido menor y aún no han comenzado la instrucción formal en matemáticas. Por esto, a la hora de resolver problemas de cálculo no recurrirán tan frecuentemente a la recuperación de hechos (puesto que aún no los tienen almacenados) sino que utilizarán estrategias para resolver las operaciones matemáticas. Este es un punto clave de nuestro estudio ya que conocer si el procesamiento fonológico explica la variabilidad en las puntuaciones en ejecución matemática en niños que están comenzado la instrucción formal en matemáticas, nos permitiría ver con mayor claridad si la conciencia fonológica se relaciona únicamente con la recuperación de hechos de la memoria a largo plazo o también con la resolución de problemas utilizando estrategias.

Parece estar claro el hecho de que la fonología se relaciona con la recuperación de hechos numéricos de la memoria a largo plazo, ya que entra en juego la memoria fonológica, y tenemos que acceder al código lingüístico para poder recuperar el resultado. Sin embargo, en nuestro trabajo pretendemos afinar esta idea y poner a prueba si la conciencia fonológica puede explicar la variabilidad de las puntuaciones en las medidas de matemáticas más allá de lo que lo hace la capacidad de memoria fonológica. Por lo tanto, en nuestro estudio controlaremos la medida amplitud de memoria fonológica, para eliminar las diferencias individuales que son explicadas por esta variable. De esta manera, comprobaremos si la conciencia fonológica por sí misma es capaz de explicar una parte significativa de la varianza en las puntuaciones en matemáticas en niños pequeños.

Por otro lado, la mayoría de los estudios realizados hasta el momento, en los que se ponen en relación el procesamiento fonológico y la ejecución matemática, han sido llevados a cabo utilizando medidas de aritmética muy específicas, tales como la suma y resta de un dígito y la multiplicación de números pequeños. Sorprendentemente, apenas existen trabajos en los que se utilicen medidas de la ejecución matemática en un sentido más amplio. Dichos estudios concluyen con que las habilidades fonológicas están relacionadas con el conteo verbal y con la recuperación de hechos numéricos almacenados en el sistema de representación verbal. Y dicen, sin embargo, que las habilidades fonológicas no se relacionan con las tareas matemáticas que requieren del uso de estrategias procedimentales para ser resueltas tales como las restas grandes, los test de rendimiento matemático generales, o las tareas matemáticas no simbólicas como la estimación (De Smedt et al., 2010; Simmons & Singleton, 2008). Con la intención de contar con una variable matemática más amplia, en nuestro trabajo incluiremos como medida de ejecución matemática un total de tres pruebas con las que evaluaremos diferentes aspectos: problemas numérico-verbales; cálculo de sumas y restas; y sumas de números grandes con varios sumandos. Esto nos permitirá obtener una medida general de competencia matemática más o menos independiente de la capacidad para recuperar hechos lingüísticos de la memoria y por tanto, comprobar si la conciencia fonológica por sí misma es capaz de explicar las diferencias en ejecución matemática. Además, con el fin de presentar un modelo completo del rendimiento en matemáticas, no solo analizaremos la influencia de la fonología sino también la influencia de medidas tempranas de competencia matemática.

2. Método

2.1. Participantes

La muestra está compuesta por 111 niños que fueron evaluados en dos momentos diferentes. En primer lugar, en tercer curso de educación infantil (con una media de 5.7 años) y en segundo lugar, un año después, en primero de Educación Primaria (media de 6.7 años). Fueron excluidos de la muestra 15 participantes ya que no completaron las tareas aplicadas en el segundo momento de la evaluación. La muestra final fue de 96.

2.2. Medidas

MEDIDAS DE EJECUCIÓN MATEMÁTICA

Sumas

El niño tenía que realizar el máximo número posible de sumas en un minuto. Se entregaba una ficha al alumno con 50 sumas. Las primeras son sumas sencillas, pero a medida que avanza la tarea, se va incrementando la dificultad, ya que los números que se han de sumar son mayores y el número de sumandos también aumenta.

Cálculo Numérico

La tarea de cálculo numérico del Badyg E1 en la que se presentaban dos operaciones resueltas (una suma y una resta) y el niño tenía que decidir cuál de las dos operaciones era la correcta. Esta tarea está compuesta por un total de 18 ítems.

Problemas Numérico-Verbales

La tarea de problemas numéricos del Badyg E1, en la que el niño tenía que resolver diversos problemas numérico-verbales, de modo que se evalúa la aptitud para resolver problemas y en menor grado, la habilidad para el cálculo numérico. Esta tarea está compuesta por 18 ítems.

La medida que se tomó de estas tres tareas fue el número de aciertos en cada una de ellas. Posteriormente, el número de aciertos se pasó a puntuaciones típicas y se realizó el sumatorio de las tres puntuaciones *típicas* de cada participante, con ello se obtuvo una puntuación final que utilizamos como medida de la Ejecución Matemática.

MEDIDAS DE CONTROL NO NUMÉRICAS

Memoria viso-espacial: Cubos de Corsi y Test de Patrones visuales

Se trata de dos test estandarizados con los que se mide la memoria espacial (Cubos de Corsi) y visual (test de patrones visuales) de los participantes.

Memoria Fonológica

Se trata de series de palabras que van desde una amplitud de 2 palabras hasta 8 palabras. En cada una de las amplitudes se dispone de cuatro series, la prueba finaliza cuando el participante comete tres o más errores dentro de la misma amplitud. Se lleva a cabo de manera directa e inversa.

Inteligencia no verbal (RAVEN)

La tarea de Raven comprende una batería de matrices coloreadas progresivas. Es un test estandarizado de razonamiento visuo-espacial para niños en el que aparece un patrón de colores y los niños tienen que seleccionar la pieza perdida de entre seis posibles.

Velocidad de procesamiento

En esta tarea, los participantes tenían que señalar lo más rápido posible dónde estaba el cuadrado rojo. En la pantalla aparecían dos cuadrados (uno a la izquierda y otro a la derecha), uno rojo y otro negro. De esta forma, tenían que pulsar “a” si el cuadrado rojo estaba a la izquierda y “ñ” si estaba a la derecha. Esta tarea está compuesta por 20 ensayos más 4 de práctica.

MEDIDAS EXPLICATIVAS

Comparación de magnitudes pequeñas simbólicas (1-9)

A los participantes se les mostraban dos cantidades simbólicas dispuestas horizontalmente en ambos lados de la pantalla y se les pedía que decidiesen lo más rápido posible cuál de los dos números arábigos era el mayor. Se usaron dígitos de 1 a 9 y la distancia numérica entre los dos variaba entre 1 y 5. Se presentaron 40 ensayos. Cada ensayo comenzaba con un punto de fijación (1000 ms). Los dos estímulos eran presentados posteriormente en la pantalla donde permanecían hasta que el participante presionaba una de las dos teclas indicadas (i.e., “a” y “ñ”). La medida tomada en esta prueba fue la proporción de aciertos de cada participante (esto es, número de aciertos dividido entre el total de estímulos), ya que tratándose de niños de 5

años, es una medida que refleja mejor su nivel de ejecución que la medida del tiempo de reacción.

Nombramiento automatizado de números

Presentamos una ficha a los participantes en la que aparecían todos los números de un dígito (del 0 al 9) repetidos cuatro veces cada uno en orden aleatorio con un total de 40 estímulos. Esta ficha iba precedida de una ficha de prueba en la que aparecían estos números dispuestos en orden aleatorio para asegurarnos de que el alumno los conocía todos. La medida que utilizamos de esta tarea fue el tiempo (en segundos) que tardó cada uno de los participantes en nombrar todos los números.

Aislamiento de Fonemas

Esta tarea está dividida en dos partes. En la primera parte, el alumno debe ser capaz de reconocer cuál es el primer fonema de una lista de sílabas que el evaluador le dice. Y en la segunda parte, el niño debe reconocer el último fonema de otra lista de sílabas que también le dirá el evaluador. Cada una de estas dos partes está compuesta por 16 sílabas, 8 de ellas con la estructura consonante-vocal-consonante, y las otras 8 más complejas con la estructura consonante-consonante-vocal-consonante. Como medida de esta tarea utilizamos la puntuación directa obtenida por cada participante.

2.3. Procedimiento

Todas estas medidas, junto a otras que no se incluyen en este estudio, se tomaron en dos momentos distintos. En un primer momento (T_1), cuando los niños estaban escolarizados en 5 años, se llevaron a cabo 3 sesiones individuales de 45' cada una, en un aula tranquila del colegio durante el horario escolar y tras haber obtenido el correspondiente permiso paternal. De esta forma, se aplicaron las pruebas relacionadas con habilidades generales como inteligencia, memoria fonológica, memoria viso-espacial y velocidad de procesamiento; las pruebas relacionadas con la conciencia fonológica y aquellas que medían competencias matemáticas tempranas. Para algunas de estas pruebas fue necesario el uso de un ordenador. Las tareas presentadas en ordenador, se diseñaron con el software SuperLab y se utilizó un portátil con una pantalla de 15".

En un segundo momento (T_2), cuando los niños estaban escolarizados en el primer curso de Educación Primaria y un año después de que se realizase la primera evaluación, se llevó a cabo otra sesión individual de 45'. En esta sesión, tomamos las tres medidas de ejecución matemática: sumas, cálculo numérico y problemas numérico verbales.

3. Resultados

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Para analizar las relaciones entre las variables, se realizó un análisis de correlación de Pearson. Todas las variables correlacionan con la ejecución matemática.

Tabla 1: Correlaciones entre las variables

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1. Ejecución matemática		.462**	.437**	.372**	.412**	-.216*	.395**	-.526**	.464**
2. Memoria Visual			.422**	.263**	.324**	-.148	.272**	-.365**	.274**
3. Memoria Espacial				.263**	.363**	-.195*	.261**	-.197	.200*
4. Memoria Fonológica					.526**	-.207*	.274**	-.284**	.346**
5. Inteligencia (Raven)						-.097	.327**	-.217*	.378**
6. Velocidad Procesamiento							-.015	.119	-.115
7. Comparación Sb 1-9 (Prop. Ac.)								-.242*	.426**
8. Nombrar Números (T)									-.403**
9. Aislamiento Fonemas (Ac.)									

** p<.01

* p<.05

Nota: AC, aciertos; Prop. Ac, Proporción de aciertos; T, tiempo

ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Tabla 2: Regresión para medidas de conciencia fonológica y de indicadores de competencia matemática temprana con Ejecución Matemática (sumatorio puntuaciones típicas de tres medidas) como variable predicha

	PASOS	β	R^2	ΔR^2
1	<i>Variables Control</i>		.385	.385
	Memoria Visual	-.008		
	Memoria Espacial	.252**		
	Memoria Fonológica	.156		
	Inteligencia (Raven)	.076		
	Velocidad Procesamiento	-.090		
2	Comparación Sb 1-9 (Prop. Ac)	.188*	.448	.063**
3	Nombrar Números (T)	-.258**	.545	.098**
4	Aislamiento Fonemas (Ac.)	.260**	.596	.050**

Nota: Sb, simbólico; No Sb, No Simbólico; Ac, Aciertos; Prop, Ac, Proporción de Aciertos; T, tiempo

** p<.01

* p<.05

Para analizar la contribución de cada una de las variables a la varianza de las puntuaciones, se llevó a cabo un análisis, en el que se utilizó como variable dependiente la ejecución matemática (sumatorio de tres medidas). En el paso 1 se incluyeron las variables de control (memoria visual, memoria espacial, memoria fonológica, inteligencia y velocidad de procesamiento), en el paso 2 se incluyó la proporción de aciertos en la tarea de comparación de magnitudes pequeñas simbólicas. En el paso 3 añadimos el tiempo que se tarda en nombrar números. Y en el paso 4 incluimos el total de aciertos en la tarea de aislamiento de fonemas. El modelo fue altamente predictivo explicando un 59.6% de la varianza de la ejecución matemática $F(8,87)=16.037$ $p<.0001$. Según vemos en la Tabla 2, las variables control explicaron la mayor parte de la varianza (38.5%), aun así, más allá de las variables de control, las variables específicas del procesamiento añadieron un 21.1% a esa explicación. Y como se puede observar, no solo la comparación simbólica (6.3%, $p < .01$), y el nombramiento de números (9.8%, $p < .01$) explicaron una parte significativa de la varianza, sino que la conciencia fonológica (5 %, $p < .01$) también influyó significativamente en esta explicación.

4. Discusión

Han sido principalmente tres los objetivos que han guiado nuestra investigación. En primer lugar, pretendíamos poner a prueba si la conciencia fonológica explica la ejecución matemática en niños que acaban de comenzar la instrucción formal en matemáticas. En los estudios longitudinales previos a nuestro trabajo, evaluaban el rendimiento matemático en niños a partir de 8 años y que estaban escolarizados en tercer y cuarto curso de la enseñanza primaria. A estas edades, los niños ya almacenan una gran cantidad de hechos numéricos en su memoria, por lo que decidimos trabajar con una muestra de niños a los que evaluamos en competencia matemática a la edad de 6 años. Debido a que el número de hechos numéricos almacenados en su memoria son mucho menores, se verán en la obligación de recurrir al uso de estrategias para resolver los problemas que se les presentaban. Vemos que aun no recuperando hechos de la memoria fonológica, la medida de conciencia fonológica explica de manera significativa una gran parte de la varianza de las puntuaciones en matemáticas por lo que podemos decir que las habilidades fonológicas no solo se relacionan con la recuperación de hechos, sino también con el uso de estrategias procedimentales.

En segundo lugar, buscábamos ver si la conciencia fonológica era capaz de explicar significativamente los resultados en ejecución matemática más allá de lo que lo hacía la capacidad de memoria fonológica. En muchos de los estudios realizados con anterioridad, utilizaban la memoria fonológica como una variable fonológica explicativa del rendimiento en matemáticas. Si sabemos que estos estudios tomaban medidas basadas en la recuperación de hechos numéricos de la memoria a través de códigos fonológicos, y que esta tarea mide la capacidad de dicha memoria, parece estar claro que la relación entre ambas variables va a producirse. Por lo tanto, hemos utilizado la medida de memoria fonológica como medida de control, y como variable fonológica explicativa, hemos utilizado una medida de conciencia fonológica. A la vista de los resultados, observamos que esta medida de conciencia fonológica explica las puntuaciones en matemáticas más allá de la memoria fonológica. Con esto queremos decir que no es solo la fonología en general lo que explica el rendimiento en matemáticas, sino que la conciencia fonológica o capacidad de segmentar palabras, es capaz de explicar de manera significativa una parte importante de la varianza.

En último lugar, queríamos superar una limitación que habíamos encontrado en trabajos anteriores en los que utilizaban como medida de la ejecución matemática sumas sencillas o multiplicaciones pequeñas. Cuando evaluamos la ejecución matemática basándonos en este tipo de tareas, en gran medida estamos midiendo cálculo a través de la recuperación de los hechos numéricos almacenados en la memoria a largo plazo. Como hemos comentado anteriormente, estos hechos se almacenan en forma de códigos lingüísticos y nosotros buscábamos una medida del rendimiento matemático más general. Por este motivo aplicamos tres pruebas diferentes. Una en la que los niños tenían que resolver problemas numérico-verbales; una prueba de sumas con números grandes; y una tercera prueba con sumas y restas. Finalmente obtuvimos una medida general de competencia matemática que ya no estaba basada únicamente en la recuperación de hechos sino en la utilización de estrategias y la fluidez de cálculo que además era explicada por la medida de conciencia fonológica. Esto es importante ya que podemos concluir que la conciencia fonológica no solo se relaciona con la recuperación de hechos, sino también con el rendimiento matemático en general.

5. Conclusiones

En este estudio hemos utilizado una muestra de niños escolarizados en tercer curso de Educación Infantil, a los que les hemos aplicado una serie de pruebas dirigidas a medir tanto las habilidades matemáticas tempranas como la conciencia fonológica. Posteriormente, habiendo pasado un año tras la primera evaluación, y estando los niños escolarizados en el primer curso de la Educación Primaria, se aplicaron las tres pruebas de competencia matemática que nos permitieron obtener la medida de ejecución matemática. Con los resultados que manejábamos de las investigaciones previas a nuestro estudio, cabría esperar que en un estudio de estas características no encontrásemos una relación explicativa

significativa entre el procesamiento fonológico y la ejecución matemática por varios motivos. En primer lugar, nuestra muestra estaba compuesta por niños que acaban de comenzar la instrucción formal en matemáticas y por tanto los hechos numéricos que tienen almacenados en su memoria son muy limitados o nulos. En segundo lugar, las medidas de ejecución matemática utilizadas, no se reducen a la medición de recuperación de hechos conocidos de la memoria a largo plazo, sino que son tareas que requieren de la utilización de estrategias procedimentales de resolución. Y finalmente, la medida de amplitud de memoria fonológica no la usamos como una variable explicativa, sino que la hemos introducido en nuestro estudio como una variable de control con el fin de eliminar las diferencias individuales explicadas por la capacidad de almacenamiento de esta memoria. Sin embargo, como hemos visto en el apartado de resultados, la variable más relacionada con la conciencia fonológica y la capacidad de segmentar las palabras explica una parte significativa de la varianza de las puntuaciones en ejecución matemática obtenidas por los niños, lo que supone un paso adelante en este campo de investigación ya que hasta el momento no se había encontrado ningún resultado similar al presentado en este trabajo.

Puesto que estos hallazgos suponen un avance muy novedoso para este ámbito, ahora cabe cuestionarse por qué la conciencia fonológica por sí misma explica el rendimiento en matemáticas. Hasta el momento, la justificación teórica sostenía la idea de que el procesamiento fonológico se relacionaba con la recuperación de hechos de la memoria a largo plazo.

En primer lugar, parecía que la fonología sólo se relacionaba con la recuperación de hechos, por tanto podemos pensar que el procesamiento fonológico (dentro del que englobamos la conciencia fonológica) también puede ser importante para el desarrollo de las habilidades de cálculo matemático, ya que los códigos verbales se usan para resolver problemas en el ámbito académico (Bull y Johnston, 1997; Rourke y Conway, 1997). Cuando un niño se enfrenta a un problema en el que tiene que recurrir a estrategias procedimentales para resolverlo, puede, en primer lugar, convertir los términos de la operación a un código basado en el habla (Campbell, 1998; Dehaene, 1992). La traducción de los números arábigos a un código verbal parece ser utilizada de forma rutinaria por los niños para resolver problemas matemáticos y aritmética sencilla como la división y las fracciones (Geary, Bow-Thomas, Liu y Siegler, 1996). A continuación, el niño procesa la información fonológica utilizando alguna estrategia en particular. Por ejemplo, cuando se le presenta un problema aritmético simple (ej.: $5 + 2$), el niño puede recuperar una respuesta basada en el código fonológico de la memoria a largo plazo (*siete*). O de otro modo, el niño podría utilizar una estrategia basada en el conteo (*seis, siete*). En este caso los sistemas fonológicos también se activan ya que usa los nombres fonológicos de los números para contar. Por tanto, las habilidades fonológicas en general pueden ser importantes para el desarrollo de las matemáticas porque ciertas tareas aritméticas utilizan códigos verbales para su resolución.

Cierto es que entendemos que el procesamiento fonológico es una capacidad de dominio general similar a la memoria de trabajo y a la velocidad de procesamiento que interviene en el rendimiento matemático. Hasta el momento la conciencia fonológica es entendida como una habilidad de dominio específico que tiene influencia en el procesamiento fonológico y en la lectura. Sin embargo, en este trabajo analizamos concretamente la conciencia fonológica, habilidad que forma parte del procesamiento fonológico y vemos que explica la ejecución matemática, por lo que hemos de plantearnos una explicación alternativa, centrándonos en la conciencia fonológica o conciencia segmental. Por tanto, podríamos plantearnos aquí que la conciencia fonológica podría ser por sí misma una habilidad de dominio general que interviene en procesos como la lectura y la ejecución matemática. Y no una capacidad de dominio específico como se había entendido hasta el momento.

Como conclusión, los resultados que se muestran en este trabajo tienen una importante implicación para el desarrollo de futuras investigaciones en las que se analice la implicación y contribución de medidas de conciencia fonológica en el rendimiento en diversas tareas de ejecución matemática.

Referencias

- Adams, J. W. & Hitch, G. J. (1997). Working memory and children's mental addition. *Journal of Experimental Child Psychology*; 67(1): 21–38. doi: [10.1006/jecp.1997.2397](https://doi.org/10.1006/jecp.1997.2397)
- Barnes, M. A., Raghubar, K. P., English, L., Williams, J. M., Taylor, H. & Landry, S. (2014). Longitudinal mediators of achievement in mathematics and reading in typical and atypical development. *Journal of Experimental Child Psychology*; 119:1–16. doi: [10.1016/j.jecp.2013.09.006](https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.09.006)
- Barrouillet, P., Mignon, M. & Thevenot, C. (2008). Strategies in subtraction problem solving in children. *Journal of Experimental Child Psychology*; 99(4):233–51. doi: [10.1016/j.jecp.2007.12.001](https://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.12.001)
- Bull, R. & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetical difficulties: contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*; 65(1):1–24. doi: [10.1006/jecp.1996.2358](https://doi.org/10.1006/jecp.1996.2358)
- Campbell, J. I. D. (1998). Linguistic influences in cognitive arithmetic: Comment on Noel, Fias, and Brsyaert. *Cognition*, 67, 353–364.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1–42.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487–506.
- De Smedt, B., Noel, M.P., Gilmore, C.K., Ansari, D. (2013). How do symbolic and nonsymbolic magnitude processing relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2):48–55.
- Geary, D. C., Bow-Thomas, C. C., Liu, F. & Siegler, R. S. (1996). Development of arithmetical competencies in Chinese and American children: Influence of age, language, and schooling. *Child Development*, 67, 2022–2044.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*; 103: 516–531
- Niogi, S.N., & McCandliss, B.D. (2006). Left lateralized white matter microstructure accounts for individual differences in reading ability and disability. *Neuropsychologia*, 44, 2178–2188.
- Rivera, S.M., Reiss, A.L., Eckert, M.A., & Menon, V. (2005). Developmental changes in mental arithmetic: evidence for increased functional specialization in the left inferior parietal cortex. *Cerebral Cortex*, 15, 1779–1790.
- Rourke, B. P., & Conway, J. A. (1997). Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning: Perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 34–46.
- Schleepen, T. M. J., Van Mier, H. I., & De Smedt, B. (2016) The Contribution of Numerical Magnitude Comparison and Phonological Processing to Individual Differences in Fourth Graders' Multiplication Fact Ability. *PLoS ONE* 11(6): e0158335. doi:10.1371/journal.pone.0158335

- Schneider M., Beeres K., Coban L., Merz S., Schmidt S. S., Stricker J., De Smedt B. (2016). Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing with mathematical competence: A meta-analysis. *Developmental Science*. doi: 10.1111/desc.12372.
- Simmons, F. R. & Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia*, 14, 77-94.
- Van Eimeren, L., Niogi, S.N., McCandliss, B.D., Holloway, I.D., & Ansari, A. (2008). White matter microstructures underlying mathematical abilities in children. *NeuroReport*, 19, 1117–1122.