

Desarrollo de habilidades matemáticas básicas en niños de 4, 5 y 6 años

Development of basic math skills in 4-, 5- and 6-year-old children

Formoso, Jesica^{1,2}; Barreyro, Juan Pablo^{1,2}; Calero, Alejandra^{1,2}; Injoque-Ricle, Irene^{1,2}; Jacobovich, Silvia¹

RESUMEN

Ciertas habilidades matemáticas básicas que se desarrollan durante la infancia son consideradas nucleares para la posterior adquisición de habilidades más complejas. Conocer su desarrollo puede facilitar la detección de dificultades en niños de forma temprana y la planificación de intervenciones tempranas. Éste estudio se propuso describir el rendimiento de niños de 4, 5 y 6 años en una serie de pruebas destinadas a evaluar estimación y discriminación de cantidades, conteo, subitización, resolución de problemas aritméticos, conocimiento de la serie numérica y comprensión de numerales arábigos. Participaron 206 niños de entre 46 a 83 meses, 112 niñas y 94 niños. Se evaluó el rendimiento de los tres grupos de edad en las tareas de habilidades matemáticas tempranas. Se observaron asociaciones significativas entre las distintas variables ($p < 0.05$), así como diferencias en el rendimiento entre los grupos de edad ($F_{(20, 390)} = 14.93$; $P < .001$; $\eta = .44$).

Palabras clave: Habilidades matemáticas básicas - Desarrollo - Niños

ABSTRACT

Certain basic mathematical skills that develop during childhood are considered core numerical abilities for the subsequent acquisition of more complex ones. Knowing their development can facilitate the early detection of difficulties in children and the design of appropriate interventions. This study aimed to describe the performance of children of 4, 5 and 6 years of age in a series of tests designed to assess estimation and discrimination of quantities, counting, subitizing, arithmetic problem solving, knowledge of the counting sequence and understanding of Arabic numerals. These were administered to 206 children, between 46 and 83 months of age, of which 112 were female and 94 male. Results showed significant associations between the different measures ($p < 0.05$), as well as differences in performance between the age groups ($F_{(20, 390)} = 14.93$, $p < .001$, $\eta = .44$).

Keywords: Basic mathematical skills - Development - Children

¹Universidad de Buenos Aires. (UBA) Facultad de Psicología. Departamento de Procesos Básicos. Instituto de Investigaciones. Buenos Aires, Argentina.

²CONICET. Buenos Aires, Argentina.
E-Mail: Jformoso@psi.uba.ar

Los criterios diagnósticos del DSM-V para el trastorno específico del aprendizaje incluye al subgrupo de niños en edad escolar con dificultades en la adquisición y uso de las matemáticas o discalculia (APA, 2014). Estos niños presentan alteraciones en el sentido de los números, la memorización de operaciones aritméticas, la realización de cálculos y el razonamiento matemático. Se estima que las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas tienen una prevalencia de entre el 5% y el 9% (Geary, 2011). Numerosos autores proponen que esta alteración se explica por déficits en ciertas habilidades matemáticas consideradas nucleares, cuya adquisición es principalmente informal y previa a su enseñanza explícita en la escuela (Castro Cañizares, Estévez Pérez, & Reigosa Crespo, 2009; Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011; Raghobar & Barnes, 2017).

Dentro de estas habilidades matemáticas tempranas pueden identificarse la comprensión y uso de ciertas representaciones simbólicas, el recitado de la serie numérica convencional y la movilidad dentro de la misma (ser capaz de producir la secuencia en orden inverso, o de dos en dos), el reconocimiento y producción de numerales arábigos o palabras número, así como la comprensión de las cantidades que estos representan (De Smedt, Verschaffel, & Ghesquiere, 2009; Duncan et al., 2007; Holloway & Ansari, 2009; Raghobar & Barnes, 2017; V. Reigosa-Crespo et al., 2013).

También se incluyen habilidades numéricas no simbólicas como la estimación, la subitización y el conteo. La velocidad y precisión con que un niño estima la cantidad de elementos que forman un conjunto o compara la magnitud de dos conjuntos diferentes, de forma aproximada y sin contar cada ítem individual, son considerados indicadores del desarrollo del sistema numérico aproximado, un sistema cognitivo que codifica información numérica en forma de una representación mental de magnitud, y que es responsable del conocimiento intuitivo de cantidad que posee el individuo (Bonny & Lourenco, 2013; Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004; Gray & Reeve, 2014; Libertus, Feigenson, & Halberda, 2013). Estudios previos sugieren que el sistema numérico aproximado se desarrolla con la edad y que los niveles de precisión alcanzados en la estimación y discriminación de cantidades se asocian a los logros posteriores en habilidades matemáticas más complejas (Chu, vanMarle, & Geary, 2016; Geary, Hoard, Nugent, & Roudier, 2015; Halberda, Mazzocco, & Feigenson, 2008).

De manera similar, la capacidad de contar un conjunto de ítems de forma exacta ha sido asociado a la adquisición de habilidades matemáticas más complejas (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009; Nguyen et al., 2016). Ésta puede ser evaluada a través de la velocidad y precisión con la que un individuo identifica el número de puntos en un conjunto (Feigenson et al., 2004; Gray & Reeve, 2014). La eficiencia en esta tarea también refleja la capacidad del niño para relacionar una cantidad discreta con una palabra número específica (la etiqueta verbal correspondiente) (Desoete,

Ceulemans, De Weerd, & Pieters, 2012; Reeve, Reynolds, Humberstone, & Butterworth, 2012).

La evidencia muestra que tanto los tiempos de respuesta como el número de errores aumentan linealmente en función de la cantidad de puntos cuando se trata de conjuntos grandes, de más de 4 elementos, mientras la identificación de 1 a 3 elementos, o subitización, es exacta y la variación en los TR no es significativa (Lipton & Spelke, 2004; Piazza, Fumarola, Chinello, & Melcher, 2011; Trick, 2008). De esta forma, puede utilizarse una función sigmoidea para describir el rendimiento en una tarea de numeración teniendo en cuenta los TR según la cantidad de puntos (ver Figura 1), donde puede calcularse la cantidad de puntos a partir de la cual cambia la pendiente de la curva (Piazza et al., 2011; Shimomura & Kumada, 2011).

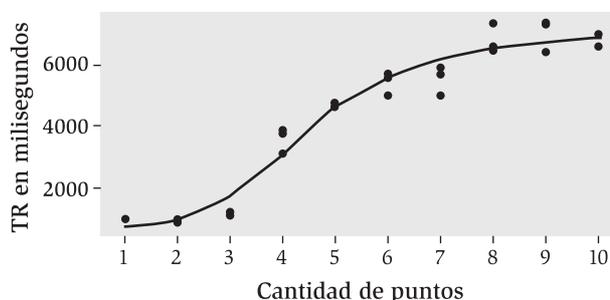


Figura 1.

Ejemplo del ajuste a una función sigmoidea de los tiempos de reacción en una tarea de numeración. En este caso el cambio de pendiente se da alrededor de los 3 elementos.

Se obtiene así una estimación del rango de subitización del sujeto, es decir, la cantidad máxima de elementos que el participante puede reconocer de forma inmediata, exacta y sin contar cada elemento individual (Green & Bavelier, 2003; Revkin, Izard, Cohen, & Dehaene, 2008).

Estas diferencias observadas entre la enumeración de conjuntos de menos y de más de 4 objetos, reflejan el funcionamiento de procesos distintos. La subitización, particularmente, ha sido relacionada con la capacidad visual para rastrear en el espacio, de forma paralela, un número limitado de elementos (Chi & Klahr, 1975; Mazza & Caramazza, 2015; Schleifer & Landerl, 2011; Trick & Pylyshyn, 1994). Dependiendo del diseño de la tarea, esto puede incluir o no la activación de la palabra numérica asociada a la cantidad. Sin embargo, dado que este fenómeno ha sido estudiado en infantes (Libertus, Starr, & Brannon, 2014; Xu & Arriaga, 2007) y animales (Bisazza, Tagliapietra, Bertolucci, Foa, & Agrillo, 2014; Miletto Petrazzini, Agrillo, Izard, & Bisazza, 2015), se lo considera una habilidad innata, no simbólica, de igual manera que la estimación de cantidades.

Investigaciones al respecto sugieren que la adquisición de símbolos numéricos ocurre cuando el niño logra relacionar las palabras número o etiquetas verbales, así como los

numerales arábigos, con las cantidades concretas que estos representan a través de las habilidades numéricas no simbólicas (Knudsen, Fischer, Henning, & Aschersleben, 2015; Mussolin, Nys, Content, & Leybaert, 2014; Szkludlarek & Brannon, 2017; Vogel, Remark, & Ansari, 2015).

Conocer en profundidad el desarrollo de las habilidades matemáticas básicas durante la infancia permitirá detectar alteraciones de la función matemática de forma temprana, incluso antes de que el niño ingrese a la educación formal, así como planificar intervenciones dirigidas específicamente a los componentes alterados. Por dicho motivo, el presente trabajo tiene como objetivo describir el rendimiento de niños de 4 a 6 años de edad en una serie de tareas destinadas a evaluar estas habilidades y detectar si existen diferencias en el rendimiento entre los diferentes grupos etarios.

Método

Participantes

La muestra consistió en 206 niños de ambos sexos, de 4, 5 y 6 años de edad, que asistieron a escuelas privadas de la ciudad de Buenos Aires, Argentina (ver Tabla 1).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la muestra

	4 años	5 años	6 años
n	75	67	64
Mujeres%	53.33	52.22	50.00
Edad en meses			
Media	52.88	66.72	76.52
DE	3	3.41	3.64
Min	46	60	72
Max	58	71	83

*Nota: n: sujetos, Min: valor mínimo; Max: valor máximo.

Los niños participaron con el consentimiento informado de los padres. Los resultados de la prueba, así como los datos personales se trataron como anónimos y confidenciales. Se tomaron como criterios de inclusión la ausencia de deficiencias auditivas o del habla, trastornos neurológicos o psiquiátricos, y un coeficiente intelectual mayor a 80. Éste último fue estimado a través de una versión abreviada de a batería WISC-III (Wechsler, 1994), utilizando el procedimiento de Tellegen y Briggs (1967), el cual mantienen una alta correlación con el coeficiente obtenido por la administración de la escala completa ($r = .803$), y un alto coeficiente de confiabilidad test-retest ($r = .911$).

Procedimientos

Se administraron nueve pruebas a cada niño en una única sesión individual de aproximadamente 30 minutos, dentro de la propia escuela. Las pruebas se administraron a través de una computadora. Las respuestas manuales y vocales (según las tareas) se registraron a través de OpenSesame (Mathôt, Schreij, & Theeuwes, 2012), un software de código abierto para el diseño de experimentos psicológicos. Los archivos de audio correspondientes a las respuestas verbales se corrieron a través del software Audacity 2.1.0, que permitió monitorear el tiempo de reacción (TR) y la precisión.

Instrumentos

Numeración: se pidió al niño que identifique rápidamente la cantidad de puntos presentes en 20 matrices de uno a diez puntos distribuidos irregularmente en la pantalla (Figura 2A). Cada cantidad se presentó dos veces y permaneció en pantalla hasta que el niño emitió una respuesta verbal, la cual fue registrada por la computadora. Luego, se analizó la precisión y el TR para cada ensayo individual. Solo los TR resultantes de respuestas correctas se usaron para el análisis posterior. La tarea incluyó cuatro ensayos de entrenamiento y veinte ensayos de prueba. A partir de esta prueba se obtuvieron puntajes de subitización y conteo para cada niño.

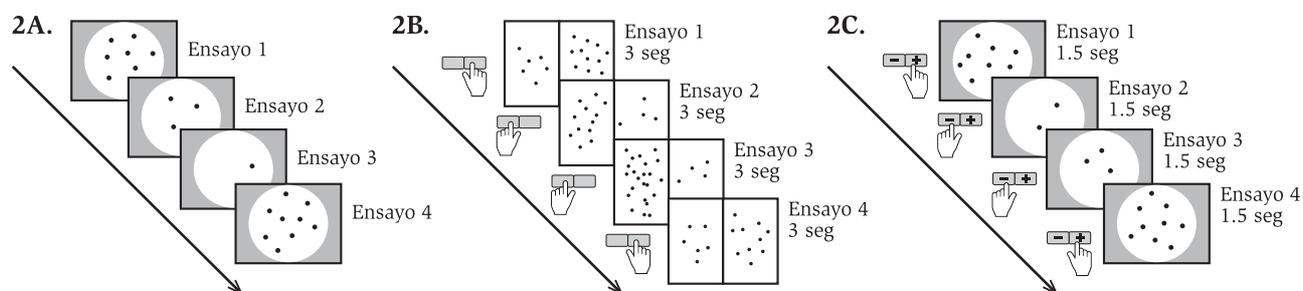


Figura 2.

Ejemplos de estructura y presentación de estímulos de las tareas:
A. Numeración; B. Discriminación de cantidad; C. Juicio de cantidad.

Discriminación de cantidad: esta tarea evaluó la estimación de la cantidad a través de la presentación simultánea de dos conjuntos de puntos en donde el niño debía decidir cuál era el más numeroso presionando el botón izquierdo o derecho de una botonera según correspondiera (Figura 2B). El estímulo permanecía en pantalla durante un máximo de 3 segundos (o hasta que el niño emitiera una respuesta) para evitar el conteo. Los ítems variaban en dificultad dependiendo de la razón numérica entre las cantidades (aproximadamente 3, 2, 1.5 y 1.15). Por ejemplo, para la razón 2 las cantidades a comparar fueron 4-8, 8-16, 12-24 y 16-32. La tarea incluyó cuatro ensayos de entrenamiento y dieciséis ensayos de prueba. Se registraron los TR y las respuestas correctas.

Juicio de cantidad: se presentaron conjuntos de entre 2 y 20 puntos y el participante debió decidir si se obser-

vaban más o menos de una determinada cantidad de elementos dependiendo del ítem (5 o 10) presionando un botón (Figura 2C). El estímulo permaneció en la pantalla durante un máximo de 1.5 segundos (o hasta que el niño emitiera una respuesta) para evitar el conteo. Se registraron TR y respuestas correctas. La tarea incluyó cuatro ensayos de entrenamiento y veinte de prueba.

Reconocimiento de Arábigos: se presentaron los números arábigos (1 a 9), uno tras otro y en orden aleatorio. Se pidió al participante que los identifique lo más rápido posible (Figura 3A). Los números permanecieron en la pantalla durante 2 segundos (o hasta que se emitiera una respuesta). Se registraron TR y respuestas correctas. La tarea incluyó dos ensayos de entrenamiento y nueve de prueba.

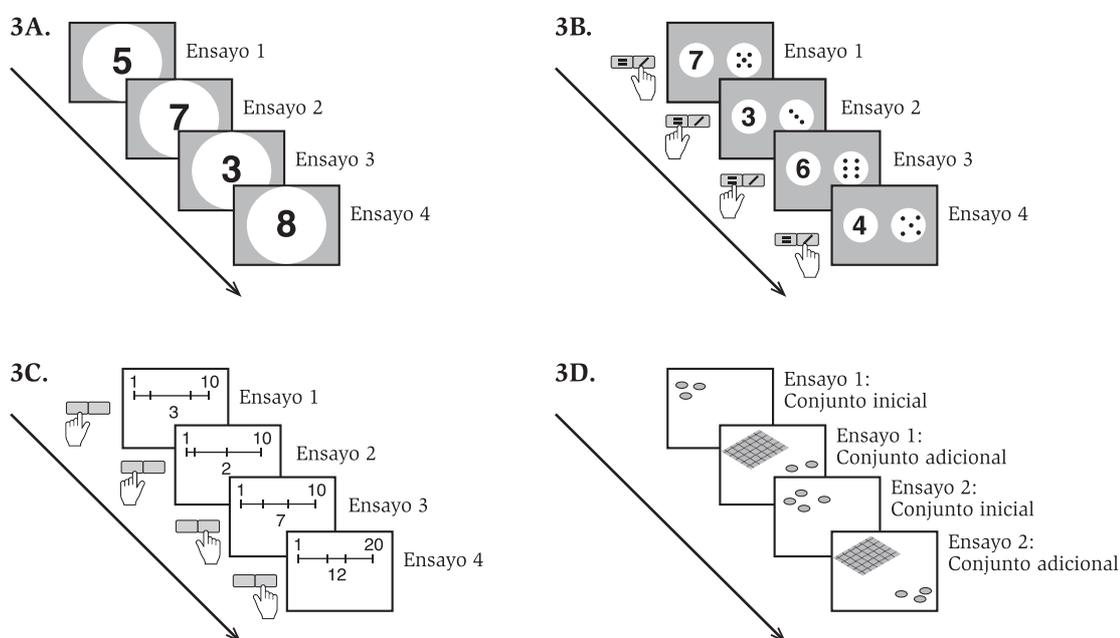


Figura 3.

Ejemplos de estructura y presentación de estímulos de las tareas:

A. Reconocimiento de Arábigos; B. Emparejamiento; C. Línea numérica; D. Sumas con fichas.

Emparejamiento: al niño se le presentaron dígitos (2 a 9) junto con un conjunto de puntos, teniendo que decidir si eran o no equivalentes presionando un botón (izquierdo para sí, derecho para no) en una botonera (Figura 3B). Se registraron TR y respuestas correctas. La prueba incluyó cuatro ensayos de entrenamiento y dieciséis pistas de prueba.

Línea numérica: se evaluó la capacidad del niño para relacionar un número arábigo con una posición específica en una línea recta y en referencia a otros números. Para eso, se pidió al niño que coloque números determinados en una línea que iniciaba en el 1 y finalizaba en el 10 o el

20 dependiendo del ítem. Se indicaron dos ubicaciones posibles y el niño tuvo que elegir una de ellas presionando el botón izquierdo o derecho de una botonera (Figura 3C). Se registraron TR y respuestas correctas. La tarea incluyó cuatro ensayos de entrenamiento y diez de prueba.

Sumas con fichas: se le presentó al niño un conjunto de fichas y se le pidió que las contara. Después de llegar a una respuesta correcta, el examinador procedió a cubrir las y agregar un segundo grupo de fichas, después de lo cual le preguntó al niño cuántas fichas había (Figura 3D). El puntaje de cada ítem dependió de la forma de resolución: 2 puntos para cálculo mental y 1 para conteo con dedos.

Problemas aritméticos: el examinador leyó al niño doce problemas aritméticos (sumas y restas). Inicialmente se incentivó a cada participante a realizar la operación mentalmente o a través del conteo con dedos. En los casos en que no logró un resultado correcto con esos métodos, se le presentó una imagen con los elementos involucrados en la situación problemática. Las adiciones y sustracciones incluyeron dos y tres operandos, dependiendo del ítem, y la cantidad mayor alcanzada fue doce. Al niño se le otorgaron 3 puntos por cada ítem logrado a través del cálculo mental, 2 por conteo de dedos, 1 por ayuda visual y 0 cuando el error persistió incluso después de que se usó la imagen adicional.

Serie convencional de conteo: se pidió al niño que recite la serie de conteo en tres condiciones: con un límite superior (5, 10 y 20), en orden inverso (comenzando en 10) y de dos en dos (comenzando por el 1 y por el 2). Se tomó como puntaje el total de respuestas correctas.

Análisis de datos

Para las seis pruebas en que se registraron tanto los TR como las respuestas correctas, inicialmente se descartaron los TR asociados a respuestas erróneas. Luego se obtuvo un promedio de los mismos y un total de respuestas correctas (RC) para cada sujeto. Para evitar que TR bajos, producto de respuestas azarosas, sean interpretados como que el sujeto cuenta con una mayor automatización de este proceso, se calcularon puntajes compuestos de cada prueba utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje} = RC * \frac{1000}{TR}$$

Este cálculo permite obtener un puntaje resumen que considera tanto la velocidad de resolución como la precisión de la misma. Cuanto mayor el promedio de TR, más bajo es el puntaje, mientras que el mismo aumenta cuanto mayor es la cantidad de respuestas correctas. Esta medida resumida de rendimiento da cuenta de una mayor proporción de la varianza (Bruyer & Brysbaert, 2011).

Luego se procedió a calcular el rango de subitización para cada sujeto. Para ello se ajustaron los TR de la tarea numeración de cada participante a una curva sigmoidea en función de la cantidad de puntos (ver Figura 1) y luego se obtuvo el punto (la cantidad aproximada) en que la pendiente se vuelve más pronunciada (Sebaugh & McCray, 2003), lo cual sugiere un pasaje del proceso de subitización al de conteo (Green & Bavelier, 2003; Piazza et al., 2011; Revkin et al., 2008). El ajuste de los datos fue muy bueno (media de $R^2 = .82$; $DE = .20$; IC del 95% [.80, .86]).

Se utilizó el coeficiente producto-momento de Pearson para observar la asociación entre las distintas variables. Luego, se realizó un análisis multivariado de la varianza de una vía introduciendo como variables dependientes los puntajes de las diferentes tareas y como factor fijo a la edad. Se realizó, además, un ANOVA de un factor sobre cada variable para comparar el rendimiento en las pruebas de cada grupo de edad. Finalmente, se utilizó como análisis post-hoc el método de Tukey para identificar entre que edades puntualmente se observan las diferencias obtenidas en el análisis previo.

Resultados

Los estadísticos descriptivos de los puntajes resultantes para cada prueba pueden observarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las distintas variables

	Media	DE	Mín	Max	As	Cu
Subitización	2.56	0.66	0.79	4.83	0.33	0.99
Conteo	5.29	1.66	1.91	10.33	0.73	-0.14
Arábigos	8.82	2.85	3.51	16.40	0.51	-0.28
Estimación	7.81	2.43	2.44	15.26	0.36	0.59
Juicio	9.28	3.36	0.94	17.77	-0.09	-0.29
Emparejamiento	4.01	1.75	0.93	9.57	0.81	0.84
Línea numérica	2.42	1.18	0.30	6.18	0.69	0.15
Problemas	18.26	9.13	1.00	36.00	0.02	-1.00
Sumas	5.37	2.52	0.00	10.00	-0.28	-0.80
Series	4.04	1.63	1.00	6.00	-0.15	-1.39

Nota. M: Media; DE: Desvío estandar; Min: Mínimo; Max: Máximo; As: Asimetría; Cu: Curtosis.

Puede observarse que los valores de asimetría y curtosis se encuentran dentro de los rangos de ± 1.5 , lo cual permite asumir que la distribución de los puntajes se corresponde con los de una distribución normal (Tabachnick & Fidell, 2007; Trochim & Donnelly, 2001).

En principio, se observaron asociaciones de baja y mediana intensidad entre los puntajes de las distintas tareas, a excepción del puntaje de subitización con los de emparejamiento y línea numérica, y el puntaje de juicio de cantidad con el de línea numérica (Tabla 3).

Tabla 3. Grado de asociación entre las distintas variables

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.Subitización	.26**	.25**	.29**	.21**	0.17	0.17	.41**	.28**	.38**
2.Conteo	-	.49**	.29**	.24**	.39**	.21**	.55**	.31**	.54**
3.Arábigos	-	-	.46**	.32**	.45**	.21**	.58**	.39**	.56**
4.Estimación	-	-	-	.28**	.32**	.23**	.42**	.32**	.39**
5.Juicio	-	-	-	-	.28**	0.14	.38**	.36**	.33**
6.Emparejamiento	-	-	-	-	-	.26**	.46**	.32**	.39**
7.Línea numérica	-	-	-	-	-	-	.25**	.27**	.26**
8.Problemas	-	-	-	-	-	-	-	.63**	.76**
9.Sumas	-	-	-	-	-	-	-	-	.56**
10. Series	-	-	-	-	-	-	-	-	-

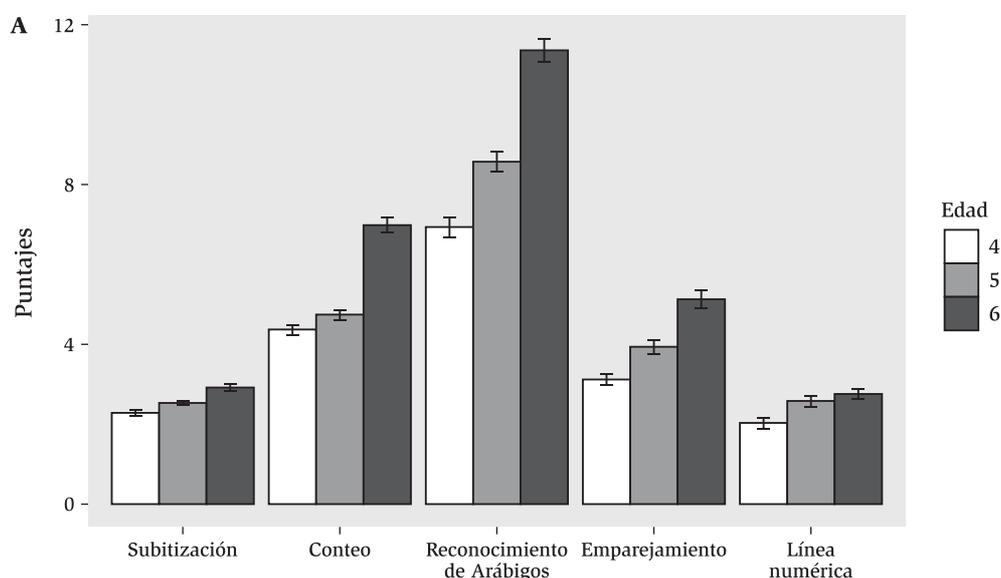
Nota. * $P < 0.05$, ** $p < 0.01$

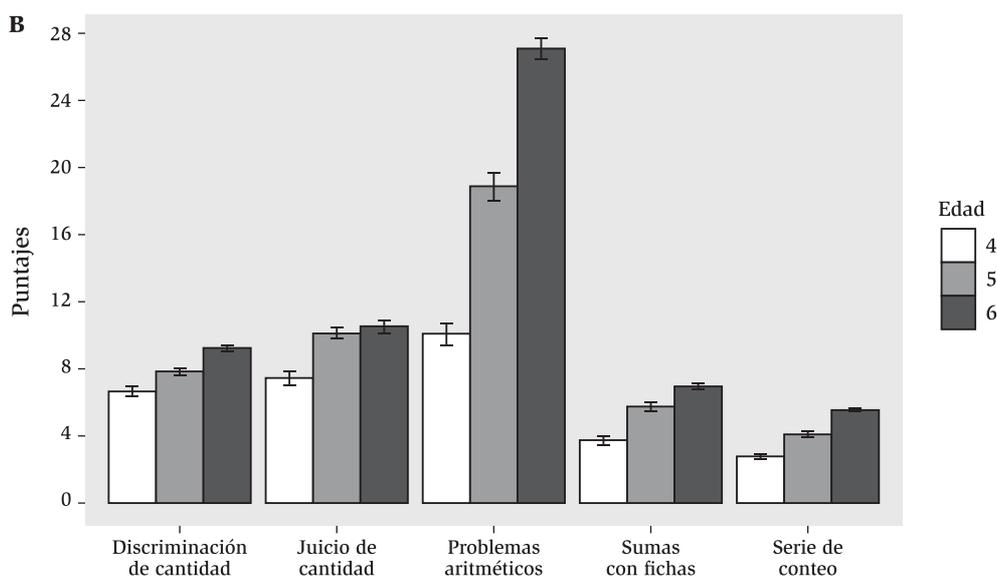
Mediante el análisis multivariado de varianza (MANOVA) se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos de edad para todas las puntuaciones utilizadas para medir habilidad matemática [$F_{(20, 390)} = 14.93$; $p < .001$; $\eta = .44$].

Por otro lado, los análisis de varianza realizados sobre cada una de las pruebas mostraron diferencias significativas entre las distintas edades para todas las prueba [Subitización: $F_{(2, 203)} = 17.41$; $p < .001$; $\eta = .15$; Conteo: $F_{(2, 203)} = 93.29$; $p < .001$; $\eta = .48$, Reconocimiento de arábigos: $F_{(2, 203)} = 68.91$; $p < .001$; $\eta = .40$, Discriminación de cantidad: $F_{(2, 203)} = 22.14$; $p < .001$; $\eta = .18$; Juicio de cantidad: $F_{(2, 203)} = 22.12$; $p < .001$; $\eta = .18$; Empareja-

miento: $F_{(2, 203)} = 23.31$; $p < .001$; $\eta = .22$; Línea numérica: $F_{(2, 203)} = 7.38$; $p < .001$; $\eta = .07$; Problemas aritméticos: $F_{(2, 203)} = 145.52$; $p < .001$; $\eta = .59$; Sumas con fichas: $F_{(2, 203)} = 38.99$; $p < .001$; $\eta = .28$; Series convencionales de conteo: $F_{(2, 203)} = 103.75$; $p < .001$; $\eta = .51$].

El análisis post-hoc mostró que en la mayoría de las pruebas los niños de 5 años rinden significativamente mejor que los de 4, y que los de 6 años rinden significativamente mejor que los de 5 ($p < .05$), con la excepción del conteo, donde no se observaron diferencias en el rendimiento entre niños de 4 y 5 años, y la tarea de juicio de cantidad, donde no se detectaron diferencias significativas entre los niños de 5 y 6 años (ver Figura 4).





Discusión

Diferentes estudios sugieren que los niños con discalculia, presentan dificultades en el sentido del número, la memorización y recuperación de hechos aritméticos, la realización de cálculos y el razonamiento matemático, que se explican por alteraciones en habilidades matemáticas básicas de adquisición temprana (Castro Cañizares et al., 2009; Raghubar & Barnes, 2017). Conocer su desarrollo en niños de edad preescolar permitiría eventualmente la detección de alteraciones y el diseño de intervenciones de forma previa al ingreso del niño a la escuela. Es por ello que el presente trabajo se propone describir el desempeño de niños de 4, 5 y 6 años en una variedad de tareas que buscan evaluar habilidades matemáticas consideradas nucleares para la cognición matemática.

En las tareas en que se registraron tanto cantidad de respuestas correctas como TR se creó un puntaje compuesto utilizando el TR promedio y la cantidad de respuestas correctas, ya que la eficiencia en estas tareas debería reflejar, no sólo la correcta resolución de los ítems, sino también el nivel de automatización de estos procesos. Es así que mayores TR penalizan reduciendo el puntaje total, mientras que el aumento en cantidad de respuestas correctas lo aumenta. Este tipo de medida resumida, además, da cuenta de una mayor proporción de la varianza (Bruyer & Brysbaert, 2011). Adicionalmente, es una medida que refleja de manera clara la eficiencia del sujeto más allá de la precisión con que resuelva la tarea.

En principio, diferentes estudios han observado que la comprensión y uso de numerales arábigos es un predictor del rendimiento posterior de los niños en habilidades matemáticas más complejas (Knudsen et al., 2015; Lyons & Ansari, 2015; Mussolin et al., 2014). En este trabajo se evaluó el reconocimiento de los numerales básicos (de 1 a 9) a través de la presentación de los mismos y su identificación por parte de los niños, es decir, la precisión y velocidad con que pudieran vincular el signo gráfico con

la etiqueta verbal correspondiente. Además se evaluó la capacidad de los niños para vincular los Arábigos con la cantidad concreta de elementos que estos representan, y relacionar diferentes Arábigos entre sí a través de posicionarlos en una recta.

Los resultados obtenidos muestran que en las tareas reconocimiento de Arábigos y emparejamiento el rendimiento mejora con la edad, observándose diferencias entre los 4 y 5 años, y entre los 5 y 6 años simultáneamente. En cambio, la tarea línea numérica solo mostró diferencias entre los niños de los grupos mayores y los de 4 años.

Respecto de la numeración, es decir, la identificación de la cantidad de puntos que forman un conjunto, puede concluirse, por un lado, que al ajustarse los TR a una función sigmoidea en lugar de a una lineal (los TR no aumentan de forma lineal una cantidad determinada de milisegundos por ítem adicional) pueden diferenciarse los dos procesos descritos en la bibliografía, conteo y subitización, en las edades estudiadas (Feigenson et al., 2004; Shimomura & Kumada, 2011). Los resultados muestran que la eficiencia en el conteo serial mejora de los 4 a los 6 años. Respecto de la subitización, el reconocimiento exacto y rápido de cantidades pequeñas, se observó que la cantidad máxima de elementos identificados por esta vía (rango de subitización) mejora con la edad, de forma aproximadamente constante, entre los 4 y 6 años. Debido al diseño de la tarea, donde el niño debe asignar a la cantidad observada la etiqueta verbal correspondiente, es posible que las diferencias observadas entre las edades se deban a la automatización del vínculo entre la cantidad y la palabra número. Una tarea que evalúe subitización y no implique conocimiento matemático simbólico podría arrojar resultados diferentes.

De las tareas que evalúan estimación de cantidades, discriminación de cantidad muestra una mejora en el rendimiento entre los 4, los 5 y los 6 años, lo cual sugiere un desarrollo del sistema numérico aproximado en estas edades. Ésta tarea no incluye componentes verbales y

presenta la medida más pura de estimación (Lindskog, Winman, Juslin, & Poom, 2013; Odic, Libertus, Feigenson, & Halberda, 2013). La tarea de juicio de cantidad incluye la recuperación de una cantidad específica a partir de una etiqueta verbal (mayor o menor a “cinco” o “diez” dependiendo del ítem). Las cantidades con que se trabajó son pequeñas en comparación con la tarea de discriminación de cantidad. Es posible que el rendimiento muestre un efecto techo una vez que la recuperación de la cantidad vinculada a las etiquetas verbales esté automatizada, y que sea el mismo componente verbal el que explique la diferencia entre los niños de 4 años y los niños mayores.

La resolución de problemas aritméticos y operaciones matemáticas implican, entre otros aspectos, el sostenimiento de los operandos, el reconocimiento de la cantidad que estos representan, la recuperación desde la memoria de largo plazo del significado de las operaciones y las estrategias para resolverlas, así como la adquisición y recuperación automática de combinaciones numéricas de aparición recurrente (por ejemplo, $2 + 2 = 4$), llamadas hechos aritméticos (DeStefano & LeFevre, 2004; Geary, Hoard, Byrd-Craven, & DeSoto, 2004; LeFevre & Bisanz, 1996). Tanto la tarea de problemas aritméticos, como la de sumas con fichas, mostraron una mejora constante en el rendimiento entre los 4 y los 6 años. La asignación de puntaje según método de resolución (mentalmente, conteo con dedos o apoyo visual) permite pensar que un mejor desempeño en estas tareas sugiere, por ejemplo, una mejor adquisición y recuperación de hechos aritméticos desde la memoria de largo plazo. También puede explicarse por habilidades cognitivas de dominio general, como puede ser una mayor capacidad de memoria de trabajo, que permita el sostenimiento activo de los operandos y los resultados parciales durante la realización de la operación correspondiente. Debido al diseño de las tareas, no es posible identificar con exactitud cuál de estos aspectos explican las diferencias individuales y grupales observadas. Estudios subsiguientes, podrían dirigirse a especificar los componentes que mayor peso tienen en la efectividad de los participantes en este tipo de tareas.

Uno de los factores que pueden impactar sobre el desempeño en la resolución de operaciones es la movilidad dentro de la serie de conteo convencional (por ejemplo, la posibilidad de contar de adelante hacia atrás, de dos en dos). Una mayor automatización de la misma, y la flexibilidad que permite, puede verse reflejada en la capacidad para contar y combinar cantidades, y por lo tanto, en la resolución de operaciones matemáticas (Geary et al., 2004).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA. (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales: DSM-5*: Editorial medica panamericana.
- Bisazza, A., Tagliapietra, C., Bertolucci, C., Foa, A., & Agrillo, C. (2014). Non-visual numerical discrimination in a blind cavefish (*Phreatichthys andruzzii*). *J Exp Biol*, 217(Pt 11), 1902-1909. doi: 10.1242/jeb.101683
- Bonny, J.W., & Lourenco, S.F. (2013). The approximate number system and its relation to early math achievement: Evidence from the preschool years. *Journal of Experimental Child Psychology*, 114, 375-388. doi: 10.1016/j.jecp.2012.09.015
- Castro Cañizares, D., Estévez Pérez, N., & Reigosa Crespo, V. (2009). Teorías cognitivas contemporáneas sobre la discalculia del desarrollo. *Revista de Neurología*, 143-148.
- Chi, M.T.H., & Klahr, D. (1975). Span and ratio of apprehension in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 19, 434-439.
- Chu, F.W., vanMarle, K., & Geary, D.C. (2016). Predicting Children's Reading and Mathematics Achievement from Early Quantitative Knowledge and Domain-General Cognitive Abilities. *Front Psychol*, 7, 775. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00775
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquiere, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *J Exp Child Psychol*, 103(4), 469-479. doi: 10.1016/j.jecp.2009.01.010
- Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerd, F., & Pieters, S. (2012). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and non-symbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *Br J Educ Psychol*, 82(Pt 1), 64-81. doi: 10.1348/2044-8279.002002
- DeStefano, D., & LeFevre, J.A. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(3), 353-386.
- Duncan, G., Dowsett, C.J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Klebanov, P., . . . Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1443. doi: 10.1037/0012-1649.44.1.217
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307-314. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002
- Geary, D.C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47(6), 1539.
- Geary, D.C., Hoard, M.K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M.C. (2004). Strategy choice in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 121-151.
- Geary, D.C., Hoard, M.K., Nugent, L., & Bailey, D.H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLoS One*, 8(1), e54651. doi: 10.1371/journal.pone.0054651
- Geary, D.C., Hoard, M.K., Nugent, L., & Rouder, J.N. (2015). Individual differences in algebraic cognition: Relation to the approximate number and semantic memory systems. *J Exp Child Psychol*, 140, 211-227. doi: 10.1016/j.jecp.2015.07.010
- Gray, S., & Reeve, A. (2014). Preschoolers dot enumeration abilities are markers of their arithmetic competence. *PLoS One*, 9(4), e94428. doi: 10.1371/journal.pone.0094428
- Green, C.S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423(6939), 534-537. doi: 10.1038/nature01647
- Halberda, J., Mazocco, M.M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlates with maths achievement. *Nature*, 455, 665-669. doi: 10.1038/nature07246

- Holloway, I.D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: the numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(1), 17-29. doi: 10.1016/j.jecp.2008.04.001
- Jordan, N.C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M.N. (2009). Early math matters: kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Dev Psychol*, 45(3), 850-867. doi: 10.1037/a0014939
- Knudsen, B., Fischer, M., Henning, A., & Aschersleben, G. (2015). The Development of Arabic Digit Knowledge in 4- to 7-Year-Old Children. *Journal of Numerical Cognition*, 1(1), 21-37. doi: http://doi:10.5964/jnc.v1i1.4
- 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. doi: 10.1016/j.cognition.2003.11.004
- LeFevre, J.A., & Bisanz, J. (1996). Selection of procedures in mental addition: Reassessing the problem size effect in adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22(1), 216-230.
- Libertus, M.E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2013). Is approximate number precision a stable predictor of math ability? *Learning and Individual Differences*, 1(25), 126-133. doi: 10.1016/j.lindif.2013.02.001
- Libertus, M. E., Starr, A., & Brannon, E. M. (2014). Number trumps area for 7-month-old infants. *Developmental Psychology*, 50(1), 108-112. doi: 10.1037/a0032986
- Lindskog, M., Winman, A., Juslin, P., & Poom, L. (2013). Measuring acuity of the approximate number system reliably and validly: the evaluation of an adaptive test procedure. *Frontiers in Psychology*, 4, 510. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00510
- Lipton, J., & Spelke, E. (2004). Discrimination of large and small numerosities by human infants. *Infancy*, 5, 271-290. doi: http://dx.doi.org/10.1207/s15327078in0503_2
- Lyons, I.M., & Ansari, D. (2015). Foundations of children's numerical and mathematical skills: the roles of symbolic and nonsymbolic representations of numerical magnitude. *Adv Child Dev Behav*, 48, 93-116. doi: 10.1016/bs.acdb.2014.11.003
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314-324. doi: http://dx.doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7
- Mazza, V., & Caramazza, A. (2015). Multiple object individuation and subitizing in enumeration: a view from electrophysiology. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 162. doi: http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2015.00162
- Mazzocco, M.M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Impaired Acuity of the Approximate Number System Underlies Mathematical Learning Disability (Dyscalculia). *Child Development*, 82(4), 1224-1237. doi: 10.1111/j.1467-8624.2011.01608.x
- Miletto Petrazzini, M.E., Agrillo, C., Izard, V., & Bisazza, A. (2015). Relative versus absolute numerical representation in fish: Can guppies represent "fourness"? *Animal Cognition*. doi: 10.1007/s10071-015-0868-y
- Mussolin, C., Nys, J., Content, A., & Leybaert, J. (2014). Symbolic number abilities predict later approximate number system acuity in preschool children. *PLoS One*, 9(3), e91839. doi: 10.1371/journal.pone.0091839
- Nguyen, T., Watts, T.W., Duncan, G.J., Clements, D.H., Sarama, J.S., Wolfe, C., & Spitler, M.E. (2016). Which Preschool Mathematics Competencies Are Most Predictive of Fifth Grade Achievement? *Early Child Res Q*, 36, 550-560. doi: 10.1016/j.ecresq.2016.02.003
- Odic, D., Libertus, M.E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2013). Developmental change in the acuity of approximate number and area representations. *Developmental Psychology*, 49(6), 1103-1112. doi: http://dx.doi.org/10.1037/a0029472
- Piazza, M., Fumarola, A., Chinello, A., & Melcher, D. (2011). Subitizing reflects visuo-spatial object individuation capacity. *Cognition*, 121(1), 147-153. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2011.05.007
- Raghubar, K.P., & Barnes, M.A. (2017). Early numeracy skills in preschool-aged children: a review of neurocognitive findings and implications for assessment and intervention. *Clin Neuropsychol*, 31(2), 329-351. doi: 10.1080/13854046.2016.1259387
- Reeve, R., Reynolds, F., Humberstone, J., & Butterworth, B. (2012). Stability and change in markers of core numerical competencies. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(4), 649.
- Reigosa-Crespo, V., González-Alemañ, 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.
- Reigosa-Crespo, V., González-Alemañ, 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.
- Revkin, S.K., Izard, V., Cohen, L., & Dehaene, S. (2008). Does subitizing reflect numerical estimation? *Psychological Science*, 19, 607-614. doi:http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02130.x
- Schleifer, P., & Landerl, K. (2011). Subitizing and counting in typical and atypical development. *Dev Sci*, 14(2), 280-291.
- Shimomura, T., & Kumada, T. (2011). Spatial working memory load affects counting but not subitizing in enumeration. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(6), 1694-1709. doi: http://dx.doi.org/10.3758/s13414-011-0135-5
- Szkudlarek, E., & Brannon, E.M. (2017). Does the approximate number system serve as a foundation for symbolic mathematics? *Lang Learn Dev*, 13(2), 171-190. doi: 10.1080/15475441.2016.1263573
- Tellegen, A., & Briggs, P.F. (1967). Old wine in new skins: grouping Wechsler subtests into new scales. *Journal of consulting psychology*, 31(5), 499.
- Trick, L.M. (2008). More than superstition: Differential effects of featural heterogeneity and change on subitizing and counting. *Perception & Psychophysics*, 70(5), 743-760. doi: http://dx.doi.org/10.3758/pp.70.5.743
- 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, 80-102. doi: http://dx.doi.org/10.1037/0033-295x.101.1.80
- Vogel, S.E., Remark, A., & Ansari, D. (2015). Differential processing of symbolic numerical magnitude and order in first-grade children. *J Exp Child Psychol*, 129, 26-39. doi: 10.1016/j.jecp.2014.07.010
- Wechsler, D. (1994). *Test de inteligencia para niños WISC-III, Manual*. Buenos Aires: Paidós.
- Xu, F., & Arriaga, R.L. (2007). Number discrimination in 10-month-old infants. *British Journal of Developmental Psychology*, 25, 103-108. doi: 10.1348/026151005x90704