



Precursos de dominio específico y general del pensamiento matemático informal en preescolares chilenos

Gamal Cerda¹, Carlos Pérez² y Eugenio Chandía¹

¹Universidad de Concepción, Chile

²Universidad de O'Higgins, Chile

Recibido el 26 de abril de 2020. Aceptado el 24 de mayo de 2021

RESUMEN: El pensamiento matemático informal fue analizado a partir de precursos específicos y generales. El presente estudio se focalizó en niños y niñas chilenos en torno a cuatro años de edad provenientes de establecimientos públicos que atienden a población de mayor vulnerabilidad social ($N = 137$). Los hallazgos indican que ambos tipos de habilidades son parte de una base importante para el pensamiento matemático informal. El modelo general de regresión múltiple explica el 48.4% de la variabilidad de las puntuaciones obtenidas en el instrumento TEMA 3, relevándose como principales precursos, en orden de importancia, la comparación no simbólica, la comparación simbólica, memoria de corto plazo verbal, la velocidad de procesamiento, y la memoria viso-espacial, respectivamente. Asimismo, exceptuando la doble tarea y el conocimiento de conceptos, no se encontraron diferencias en los modelos explicativos al comparar niños y niñas. Los hallazgos fundamentan la necesidad de contar con un apoyo sistemático y prácticas de monitoreo en estas áreas en ciclos educativos iniciales con la finalidad de disminuir y evitar posibles dificultades de la matemática en general.

Palabras clave: Matemática Infantil, Memoria de Corto Plazo, Comparación Simbólica, Comparación No Simbólica.

Domain-specific and domain-general precursors of informal mathematical thinking in Chilean preschoolers

ABSTRACT: In this study, informal mathematical thinking was explored by assessing domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement. Specifically, the study focused on these precursors in a sample of Chilean boys and girls around the age of four, from public schools that serve populations with high social vulnerability ($N = 137$). Our findings indicate that both domain-specific and domain-general precursors are important in the development of informal mathematical thinking. Our general multiple regression model explains 48.4% of the variability of the scores obtained in the TEMA 3 instrument. The main precursor of the model, in order of importance, are non-symbolic comparison, symbolic comparison, short-term verbal memory, processing speed and visuospatial working memory. Likewise, except for the double task and the knowledge of concepts, no significant differences were observed the explanatory models when comparing boys and girls. These findings support the need for systematic support and monitoring practices in these areas in initial educational cycles, in order to reduce and avoid possible difficulties in school mathematics.

Keywords: Children's Mathematics, Short-term Memory, Symbolic Comparison, Non-Symbolic Comparison.

Introducción

Existe abundante investigación científica respecto del rol predictivo que tienen las habilidades matemáticas tempranas en el desempeño matemático posterior (Aunio et al., 2015; Nguyen et al., 2016). Del mismo modo, se ha ido consolidando un área de investigación que explora el rol de precusores matemáticos a temprana edad en el desarrollo de estas habilidades o competencias matemáticas iniciales, y en forma mediada, respecto del logro en la educación matemática posterior (Passolunghi et al., 2015; Purpura et al., 2017) y el hecho que su temprana detección contribuye a disminuir el riesgo de presentar dificultades en la materia (Paliwal y Barody, 2018). Es así como se ha logrado observar que, los niños de peor desempeño en matemática presentan dificultades para acceder al significado semántico de los números y el no resolver este tipo de tareas con números comporta un claro riesgo de tener dificultades aritméticas futuras (Salminen et al., 2018).

En particular, se ha clasificado el rol de esos precusores en específicos y generales como predictores de las competencias matemáticas iniciales y del rendimiento matemático posterior (Costa et al., 2018; Decker y Roberts, 2015). Los precusores de dominio general son elementos cognitivos que no sólo contribuyen en las matemáticas, sino en otro tipo de aprendizajes, y un ejemplo de estos factores es la inteligencia general, la memoria de trabajo, el control inhibitorio, entre otras funciones de orden superior. En cambio, los precusores de dominio específico se entienden como capacidades que predicen un aprendizaje en particular y en las matemáticas, se encuentra el conteo, la estimación numérica y las comparaciones simbólicas y no simbólicas, entre otras (Aragón et al., 2019; Passolunghi y Lanfranchi, 2012).

Dentro de los diversos precusores de dominio general, se ha encontrado evidencia del impacto positivo de algunos de ellos en el aprendizaje de la matemática, entre los que destaca el rol de las funciones ejecutivas y la memoria de corto plazo y de trabajo (Cragg et al., 2017); memoria verbal y nivel de vocabulario receptivo (Bleses et al., 2016; Harvey y Miller, 2017); velocidad de procesamiento (Formoso et al., 2018); y memoria viso-espacial (Clearman et al., 2017).

Dentro de los denominados precusores de tipo específico se ha investigado el impacto que tiene la resolución de tareas de comparación simbólica y no simbólica, respecto de la competencia matemática general y trayectorias escolares (Schneider et al., 2017; Vanbinst et al., 2018). Además, se observa que las diferencias individuales en las habilidades numéricas iniciales parecen ser relativamente estables y las diferencias se amplían en los años siguientes (Wong et al., 2016).

Las dificultades en este tipo de tareas parecen estar asociadas a deficiencias en el acceso al significado numérico de los símbolos en que se expresan los números arábigos, cuando estas implican resolver tareas de comparación de números, en términos de su magnitud, o tareas aritméticas básicas (Xenidou-Dervou et al., 2017). Por lo mismo, estas habilidades y su evaluación podrían constituir un claro mecanismo para alertar de forma temprana la identificación de niños y niñas en riesgo de tener dificultades con el aprendizaje de la matemática (Garon-Carrier et al., 2018).

Los antecedentes previos se han establecido en gran parte a través de experiencias internacionales, quedando abierta la posibilidad de que estas relaciones puedan verse influidas en su intensidad o causalidad por factores socioculturales. En el sistema educativo chileno, si bien aún escasas, las investigaciones muestran de igual manera la relevancia que ciertos factores, como la situación socioeconómica o la ansiedad matemática, pueden tener como mediadores del rendimiento en tareas de comparación simbólica y no simbólica en la etapa preescolar (Guzmán et al., 2021). El efecto de la situación socioeconómica y otros factores relacionados al soporte cultural y contextual respecto del comportamiento observado en los precusores de dominio general y específico, como su evolución y comportamiento a lo largo del proceso de escolaridad es igualmente relevado en el recopilatorio de

Susperreguy et al. (2020), respecto del desarrollo de investigaciones en el área de la cognición numérica en Chile.

Así, el presente estudio persigue contribuir a la comprensión del rol que estos precusores de carácter específico y general pueden tener en el desarrollo del pensamiento matemático informal, de niños y niñas chilenos que asisten a jardines infantiles, y muy especialmente, de aquellos participantes del sistema de educación pública en Chile y que pertenecen a contextos de mayor vulnerabilidad social. El hecho de particularizar el grupo en establecimientos de alta vulnerabilidad, permite focalizar la intensidad con la cual se releva esta interacción en dicho contexto sociocultural específico, al identificar el rol y porcentaje de la variabilidad explicada respecto del pensamiento matemático informal que puedan tener estos precusores de dominio general y específico, pudiendo contribuir a implementar acciones remediales para disminuir o atenuar dificultades futuras en el aprendizaje de las matemáticas (Jordan y Dyson, 2016). Esto es particularmente relevante, cuando la mayoría de los estudios han examinado estos componentes iniciales de habilidades numéricas sobre la base de un determinado factor (Price y Wilkey, 2017) o bien, los mismos se han realizado sobre la base de puntajes compuestos (Aunio et al., 2015). El aporte del presente estudio, postula examinar un conjunto articulado de ellas en una población específica como lo es la educación infantil en Chile, en la cual aún hay poca evidencia investigativa en las líneas mencionadas.

Así, el objetivo del presente trabajo es analizar la contribución de los predictores tanto de dominio general (inteligencia general, memoria de corto plazo, memoria viso-espacial, velocidad de procesamiento y vocabulario receptivo) como de dominio específico (comparación simbólica y comparación no simbólica), respecto del pensamiento matemático informal (numeración, comparación, cálculo y conceptos matemáticos), en niños y niñas de edades cercanas a los 4 años. A partir de este objetivo, se pretende establecer el grado de variabilidad explicada por estas variables en el pensamiento matemático informal, como también, eventuales diferencias entre el grupo de niños y niñas evaluados.

Metodología

Participantes

Utilizando un enfoque de investigación cuantitativo, de carácter descriptivo correlacional, participaron en este estudio un total de 137 niños y niñas de nivel preescolar, con edades comprendidas entre los 3.5 y 4.7 años de edad ($M = 4.25$; $DE = 0.29$), accedidos mediante un criterio de muestreo por accesibilidad. De ellos, 70 fueron niñas ($M = 4.25$; $DE = 0.28$) y 67 niños ($M = 4.24$; $DE = 0.29$). En Chile, los establecimientos educacionales que imparten Educación Parvularia, se estructuran de acuerdo a tres niveles: Sala Cuna (0 a 2 años de edad), Nivel Medio (2 a 4 años de edad) y Nivel de Transición (4 a 6 años de edad). Para el presente estudio, la evaluación se realizó en el Nivel Medio, en un conjunto de 10 jardines infantiles de financiamiento estatal, pertenecientes ya sea a la red de jardines de la Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI) o de la fundación INTEGRAL, ambas entidades que coordinan la labor educativa de infancia con el Estado. De la muestra total se excluyeron, para no afectar los resultados generales de los objetivos de esta investigación, aquellos niños que, de acuerdo a los establecimientos, presentaban necesidades educativas especiales, los cuales se espera posteriormente recoger de acuerdo a sus propias características en otro tipo de estudio.

Instrumentos

Subtest de evaluación del pensamiento informal. Test de Evaluación de la Competencia Matemática TEMA-3 (Ginsburg, et al., 2007). Este Test forma parte de una prueba que evalúa la competencia matemática, que está compuesta por dos subtest que se centran en la valoración del

pensamiento matemático informal y formal. El subtest que evalúa el pensamiento informal, se compone de tareas destinadas a la evaluación de aspectos referidos a la numeración, comparación de cantidades, cálculo informal y conceptos informales básicos. La aplicación del test es de carácter individual y su aplicación es de alrededor de 30 minutos. TEMA-3 evalúa la competencia matemática de niños entre 3 y 9 años, y consta de 72 ítems, presentados en orden de dificultad creciente, los cuales evalúan ambos tipos de pensamiento matemático. El alfa de Cronbach fue de .92.

Prueba de comparación simbólica y no simbólica (Nosworthy et al., 2013). Esta prueba examina las habilidades de procesamiento de magnitudes de carácter simbólico, con pares de dígitos árabes y comparación de carácter no simbólico mediante pares de puntos. La prueba presenta una serie de 56 pares simbólicos y no simbólicos, en una lámina impresa. Los niños en un tiempo de dos minutos por cada tipo de comparación deben marcar con un lápiz el elemento del par que es mayor o en el cual hay más. El valor de alfa de Cronbach para la subprueba de comparación simbólica fue .93, y para la comparación no simbólica fue de .95.

Prueba de Claves del test WPPSI-III (Wechsler, 2009). Esta prueba es parte de la Escala de Inteligencia de Wechsler para niños en nivel educativo preescolar y primario. Esta prueba, de acuerdo a sus autores, examina la velocidad de procesamiento, la percepción visual y la coordinación visomanual, la memoria a corto plazo, la capacidad de aprendizaje y la flexibilidad cognitiva. En ella, los niños deben completar los símbolos pertinentes a las figuras que se le presentan, de acuerdo a cinco modelos de referencia, en un tiempo de dos minutos, lo que requiere la capacidad para focalizar la atención, explorar, ordenar y/o discriminar información visual con rapidez y eficacia. La prueba está compuesta por 64 ítems de los cuales 5 son de ejemplo. Su alfa de Cronbach fue de .86.

Pruebas de Memoria de trabajo (Lanfranchi et al., 2004). Consiste en un conjunto de 4 tareas que requieren diferentes niveles de control para analizar las características de la memoria de trabajo, las cuales son:

Span Verbal: Evalúa la memoria verbal a corto plazo. El experimentador dice unas palabras y le pide al niño que las recuerde en el orden de presentación. La prueba contempla un ejemplo para verificar que el niño ha entendido la tarea. El alfa de Cronbach fue de .78

Doble Tarea Verbal: En esta prueba, el niño evaluado debe recordar la primera palabra de una secuencia y, al mismo tiempo, debe realizar la tarea de golpear la mano sobre la mesa cada vez que el experimentador pronuncie la palabra "Pelota". La prueba está precedida por ejemplos que permiten asegurar que el evaluado ha entendido la tarea. El alfa de Cronbach fue de .71

Memoria Viso-espacial: En esta prueba, el examinado debe recordar y repetir, en el mismo orden de presentación, algunos movimientos dentro de una matriz espacial. La prueba incluye 4 niveles de dificultad y cada nivel incluye 2 ítems (8 ítems en total). Para los dos primeros elementos, se utiliza una matriz 3x3, luego una 4x4, tipo cuadro de ajedrez. La prueba está precedida por un ejemplo, que permite asegurar que el evaluado entiende la tarea, y se utiliza una pequeña figura de un animal familiar (rana) para que el niño vea y reproduzca la secuencia presentada. El alfa de Cronbach fue de .76

Doble Tarea Viso-espacial: Esta prueba se realiza en un tablero de ajedrez 4×4 , donde una de las 16 celdas está coloreada en rojo. El examinador pide al evaluado que memorice la primera celda de la cual inicia su camino la rana, y que, realice la tarea de golpear la mesa con la mano simultáneamente siempre que la rana toque la celda roja. La prueba se realiza tras un pequeño entrenamiento por parte del niño para familiarizarse con el requerimiento. El alfa de Cronbach fue de .81

En cada una de las cuatro pruebas de memoria de trabajo descritas, hay cuatro niveles de dificultad creciente. Se asigna un punto por secuencia correctamente repetida o reproducida. Se finaliza la prueba cuando el niño o niña responde mal o no recuerda la secuencia de los dos ítems del mismo nivel.

Prueba de Vocabulario Receptivo. Prueba que forma parte del test para la Detección de la Dislexia en Niños DSJ-T (Fawcett y Nicholson, 2013). La prueba examina el vocabulario receptivo. Está constituida por 16 ítems, cada uno de ellos tiene cuatro figuras, entre las cuales los niños examinados deben señalar cuál de ellas se corresponde con la palabra o concepto verbalizado por el examinador. Cuenta con un ítem de práctica, y las respuestas de los niños se registran en una hoja, teniendo como puntaje máximo de la prueba un total de 16 puntos. Su alfa de Cronbach fue de .75

Test Escala de Matrices Coloreadas (Raven et al., 1998). Es un test no verbal que mide la capacidad intelectual general a través del razonamiento por analogías, la comparación de formas y la capacidad de razonamiento en base a estímulos figurativos. La prueba tiene tres formas A, Ab y B, cada una de ellas, tiene 12 láminas. Cada lámina presenta un fondo de color, con líneas o figuras, a la cual le falta un segmento, que debe ser completado por los examinados en función de seis alternativas que eventualmente completan la misma. Los problemas están ordenados en forma creciente de dificultad, e implican el examen de percepción de tamaños, percepción de la orientación del espacio, análisis de un todo y sus componentes, etc. Se aplicó individualmente la forma A, cuya puntuación máxima es de 12 puntos. De este modo, se puede evaluar cómo los niños otorgan sentido a un material desorganizado empleando constructos no verbales que facilitan la comprensión de la estructura compleja presentada. La elección de la forma A es debido a que ha demostrado un alto nivel de confiabilidad entre los niños chilenos (Ivanovic et al., 2000), se asumió el valor de alfa de Cronbach de .82 aportado por el estudio de Jara y Troncoso (2014).

Procedimiento

La investigación se diseñó ciñéndose a los estándares éticos de la investigación psicológica con seres humanos. Todos los protocolos y procedimientos relacionados con el estudio fueron previamente visados por los comités de ética de las universidades a las cuales pertenece el equipo investigador.

Se presentó el alcance de la investigación a las coordinaciones regionales de jardines de las redes JUNJI e INTEGRAL, para explicar el alcance y solicitar, a través de éstas, el acceso a jardines que, a juicio de éstas, exhibieran características de mayor vulnerabilidad dentro de su red de establecimientos. Una vez informados y obtenida la colaboración del equipo directivo y profesorado de estos centros escolares, se solicitó el consentimiento informado de los padres y madres de manera previa al inicio de la evaluación.

Atendiendo a las características de la muestra y al volumen de instrumentos considerados, se llevaron a cabo dos sesiones de evaluación por niño, y éstas fueron realizadas por el equipo investigador. En una de las sesiones se administraron las pruebas de corte cognitivo (vocabulario receptivo, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento), y las pruebas específicas de rendimiento en comparación de magnitudes (simbólicas y no simbólicas). En la sesión siguiente, se evaluó la competencia matemática del alumnado a través del test TEMA-3. La administración se realizó individualmente, en condiciones óptimas de aplicabilidad, y osciló entre 30 y 45 minutos por niño, con un orden aleatorio de aplicación de pruebas tanto inter-sesiones como intra-sesiones. Asimismo, se llevó a cabo en el horario escolar, respetando el periodo de descanso y de alimentación de los alumnos.

Análisis de Datos

Con la finalidad de analizar los datos se empleó el paquete estadístico SPSS® 22.0. El modelo calculado analizó la influencia directa de las variables predictoras y específicas sobre la variable dependiente (pensamiento informal). Se utilizaron pruebas *t* para diferencias de medias, Test de Levèné para homocedasticidad de varianzas, prueba de Kolmogorov-Smirnov para supuestos de normalidad, cálculo de correlaciones bivariadas generales, cálculo del tamaño del efecto a través del coeficiente *d* de

Cohen, análisis de regresión múltiple con análisis de residuos para valores atípicos. Las pruebas e inferencias fueron realizadas con niveles de significación del 95% en general.

Resultados

Para evaluar posibles diferencias en las variables en función al sexo, se utilizó la prueba *t* de muestras independientes. En el caso de no cumplirse el supuesto de homocedasticidad, se usó la prueba *t* de Welch.

Tabla 1.

Prueba t para Muestras Independientes para Grupos de Niñas y Niños

	Niñas	Niños	Prueba de Levene		<i>t</i>	<i>d</i>
	<i>M</i> (<i>DE</i>)	<i>M</i> (<i>DE</i>)	<i>F</i>	<i>Sig.</i>		
1.Raven	6.19 (1.97)	6.40 (1.93)	0.06	.81	-0.65	-.11
2.Vocabulario receptivo	9.4 (2.71)	9.70 (2.75)	0.00	.96	-0.65	-.11
3. Claves WPPSI	14.11 (9.70)	11.46 (8.33)	0.00	.97	1.71	.29
4. Comparación simbólica	13.96 (9.86)	15.69 (10.93)	0.57	.45	-0.97	-.17
5.Comparación no simbólica	19.6 (12.98)	20.22 (12.18)	0.69	.41	-0.29	-.05
6.Span palabra	3.83 (1.30)	3.87 (1.34)	0.04	.85	-0.17	-.03
7.Doble tarea verbal	2.04 (1.78)	1.96 (1.51)	3.60	.06	0.31	.05
8.Span viso-espacial	3.24 (1.75)	3.24 (2.18)	3.60	.06	0.01	.002
9.Doble tarea	1.24 (1.78)	1.96 (2.10)	2.67	.11	-2.15*	-.37
10.Números	5.49 (2.40)	5.67 (3.04)	4.34	.04	-0.40	-.07
11.Comprensión número	0.99 (0.58)	1.22 (0.81)	7.91	.01	-1.97	-.34
12.Cálculo informal	0.54 (0.67)	0.81 (0.99)	2.67	.11	-1.83	-.31
13.Conceptos	0.53 (0.72)	0.85 (0.86)	4.45	.04	-2.38*	-.41
14.Pensamiento matemático informal	7.54 (3.63)	8.55 (4.79)	7.50	.01	-1.39	-.24

Nota: *M*: media aritmética. *DE*: desviación estándar; *d*: *d* de Cohen.

* $p < .05$

De acuerdo a los resultados obtenidos, sintetizados en la Tabla 1, sólo se observaron diferencias entre niños y niñas en Doble tarea ($t_{(135,137)} = -2.15$; $p = .034$, $d = -.37$) y en la subprueba de Conceptos. Dado que en esta última no hay homocedasticidad, se corrigieron los grados de libertad, resultando ($t_{(128.73,137)} = -2.38$; $p = .018$, $d = -.41$). En ambos casos, los niños presentaron un rendimiento más alto que las niñas.

Por otra parte, se estudiaron las relaciones entre las variables. Se detectó una relación alta y positiva entre el pensamiento informal y la comparación no simbólica ($r = .54$, $p < .001$), claves WPPSI ($r = .53$; $p < .001$), span Viso- Espacial ($r = .50$; $p < .001$), vocabulario receptivo ($r = .48$; $p < .001$), doble tarea ($r = .47$; $p < .001$) y comparación simbólica ($r = .47$; $p < .001$) (Ver Tabla 2).

Tabla 2.*Correlaciones entre variables*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	.402**	.475**	.525**	.466**	.541**	.402**	.423**	.498**	.467**
2		1	.416**	.415**	.256**	.382**	.363**	.263**	.324**	.355**
3			1	.389**	.363**	.393**	.355**	.322**	.371**	.271**
4				1	.390**	.461**	.298**	.339**	.430**	.392**
5					1	.305**	.192*	.203*	.221**	.272**
6						1	.252**	.314**	.516**	.509**
7							1	.388**	.363**	.280**
8								1	.441**	.385**
9									1	.477**
10										1

Nota. 1. Pensamiento Matemático Informal; 2 Raven; 3. Vocabulario receptivo; 4. Claves WPPSI; 5. Comparación simbólica; 6. Comparación no simbólica; 7. Span palabra; 8. Doble tarea verbal; 9. Span viso-espacial; 10. Doble tarea viso espacial ** $p < .01$. * $p < .05$.

Posteriormente, se realizó una regresión múltiple con selección por pasos sucesivos, considerando como variable dependiente el pensamiento informal, y como variables independientes, el puntaje Raven, puntaje vocabulario receptivo, puntajes claves WPPSI, puntaje comparación simbólica, puntaje comparación no simbólica, span palabra, doble tarea verbal, span viso-espacial y doble tarea. Con respecto a los residuos, no se observan valores superiores a 3 o inferiores a -3, lo que refleja la inexistencia de puntos atípicos o valores altamente influyentes. Tampoco hubo evidencia para rechazar el cumplimiento del supuesto de normalidad con la prueba de Kolmogorov Smirnov ($p > .20$). Así, el modelo resultante ($F_{(5,131)} = 26.49$, $p < .001$), logró explicar en un 48.4% la variabilidad del pensamiento informal a través de las variables: comparación no simbólica, comparación simbólica, span palabra, claves WPPSI y span viso-espacial.

Tabla 3.*Modelos de Regresión Lineal Múltiple con Selección por Pasos Sucesivos*

Modelo	R	R ²	R ² corregida	ET	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson
					Cambio en R ²	Cambio en F	gl1	gl2	p	
1	.54 ^a	.29	.29	3.59	.29	55.81	1	135	.000	
2	.63 ^b	.39	.38	3.34	.10	22.08	1	134	.000	
3	.67 ^c	.45	.44	3.19	.06	13.59	1	133	.000	
4	.70 ^d	.48	.47	3.10	.04	8.91	1	132	.003	
5	.71 ^e	.50	.48	3.05	.02	5.00	1	131	.03	2.10

Nota. ET = Error típico de la estimación;

a. Variables predictoras: (Constante), Puntaje Comparación no simbólica;

b. Variables predictoras: (Constante), Puntaje Comparación no simbólica, Puntaje Comparación simbólica;

c. Variables predictoras: (Constante), Puntaje Comparación no simbólica, Puntaje Comparación simbólica, Span Palabra;

d. Variables predictoras: (Constante), Puntaje Comparación no simbólica, Puntaje Comparación simbólica, Span Palabra, Puntaje claves WPPSI;

e. Variables predictoras: (Constante), Puntaje Comparación no simbólica, Puntaje Comparación simbólica, Span Palabra, Puntaje claves WPPSI, Span Viso-Espacial;

f. Variable dependiente: Puntaje Pensamiento Informal.

La Tabla 4, muestra los coeficientes estandarizados de cada variable. En función a ello, se puede observar que las variables relevantes del modelo y sus pesos relativos respecto del pensamiento matemático informal son la comparación simbólica ($\beta = .25$; $p < .001$), comparación no simbólica ($\beta =$

.25; $p < .01$), seguidas del claves WPPSI ($\beta = .19$; $p < .05$), span palabra ($\beta = .17$; $p < .05$) y span viso-espacial ($\beta = .17$; $p < .05$).

Tabla 4.

Coefficientes del Modelo final

Modelo	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes tipificados			Estadísticos de colinealidad	
	B	ET.	B	ET	p	Tolerancia	FIV
(Constante)	.38	.86		.44	.660		
Puntaje Comparación no simbólica	.08	.03	.25	3.22	.002	.65	1.54
Puntaje Comparación simbólica	.10	.03	.25	3.62	.000	.83	1.21
Span Palabra	.57	.22	.17	2.59	.011	.84	1.19
Puntaje claves WPPSI	.09	.04	.19	2.52	.013	.67	1.50
Span Viso-Espacial	.37	.17	.17	2.24	.027	.65	1.55

Nota. B = Beta; ET = Error típico de la estimación; FIV = Factor de inflación de la varianza.

Para este modelo, el estadístico de Durbin–Watson exhibe un valor $D = 2.10$, indicando la ausencia de autocorrelación entre los residuos. Por otra parte, el estudio de la colinealidad con los factores de inflación de la varianza (FIV) arroja valores cercanos a 1, con lo cual se puede asumir ausencia de multicolinealidad, confirmado además por los valores de tolerancia, en que todos los coeficientes resultaron mayores a .1.

Discusión

Los resultados anteriores permiten confirmar el hecho que los precusores de dominio general y dominio específico tienen un rol importante al momento de explicar gran parte de la variabilidad del pensamiento matemático informal de niños y niñas de edad preescolar de establecimientos públicos vulnerables en Chile, lo que resulta coincidente con variados estudios a nivel internacional (Aragón et al., 2019; Geary et al., 2017; Purpura et al., 2017).

Dentro de los hallazgos del estudio específicos a este grupo vulnerable, destaca la importancia que tiene un precursor de dominio específico como lo es la comparación no simbólica, en tanto explica el mayor porcentaje de la variabilidad total observada del pensamiento matemático informal. Junto a ello, en el modelo general, otro precursor de dominio específico que emerge es la comparación simbólica, la que resulta ser otra de las variables de mayor poder predictivo respecto del pensamiento matemático informal. La relevancia de estos precusores está alineada con resultados similares (Vanbinst et al., 2016). La comparación no simbólica parece tener un rol más relevante en los niños y niñas de más corta edad como predictor del desempeño en matemáticas, como lo evidencia un estudio de carácter longitudinal del rol predictivo de ésta, en las habilidades aritméticas de estudiantes de primaria (Lyons et al., 2014). De la misma manera, los resultados de Guzmán et al. (2021), muestran igualmente para el caso chileno, que el rendimiento en tareas de comparación no simbólica tiene un rol relevante en la ansiedad matemática en las etapas iniciales, con una incidencia que disminuye en intensidad a medida que avanzan en la escolaridad. Sin embargo, es la comparación simbólica la que se erige como un predictor más robusto y consistente con el desempeño matemático a medida que se transita por el itinerario escolar (Cai et al., 2018; Xenidou-Dervou et al., 2018), aspecto que es igualmente relevado por Sepúlveda et al. (2019) en el caso chileno, quienes detectan diferencias en tareas simbólicas asociadas a la instrucción formal, y poca diferenciación en las tareas no simbólicas.

Otras variables importantes del modelo de predicción encontrado se relacionan con el span de palabra, que se relaciona con la memoria de corto plazo verbal, junto a la velocidad de procesamiento que examina la prueba de claves WPPSI, y la memoria viso espacial, todas las cuales pertenecen al grupo

de precusores de dominio general. Estos precusores están claramente implicados en el sistema que procesa y almacena elementos en forma paralela mientras se llevan a cabo las tareas asociadas a las diversas dimensiones del pensamiento matemático informal, como también, aquellas propias de la variable precursora examinada, lo que resulta coincidente con otro estudio desarrollado en el país (Montoya et al., 2019).

Por lo mismo, los resultados obtenidos también se alinean de forma consistente con otros hallazgos reportados para este tipo de precusores, especialmente aquellos referidos a la memoria de corto plazo verbal, pues ellos se relacionan con la codificación y manipulación de códigos verbales utilizados, en tareas como contar o aquellas involucradas en operaciones aritméticas (Bull y Lee, 2014). Sin embargo, la forma específica en que ella facilita el rendimiento matemático continúa abierta (Raghubar y Barnes, 2017). De un modo similar, la memoria viso-espacial y la velocidad de procesamiento se asocian de forma positiva al logro en aritmética y matemática en general del mismo modo como ha sido evidenciado con la memoria de trabajo (Cragg et al., 2017). En particular, el déficit en la velocidad de procesamiento afecta la ejecución de tareas matemáticas (Costa et al., 2018).

Por otra parte, no se encontró evidencia sobre la existencia de diferencias significativas al comparar los grupos de niños y niñas en las diversas variables examinadas, como tampoco en los modelos de predictibilidad, salvo en la dimensión de conceptos del pensamiento matemático informal y la memoria de corto plazo viso-espacial o doble tarea. Al incluir la variable sexo, las interacciones de primer orden con las variables independientes resultaron ser no significativas, lo que igualmente resulta ser un aspecto interesante, que está alineado con otros resultados encontrados en estos grupos etarios en Chile (Cerdeña et al., 2014).

Todo ello es coincidente con investigaciones realizadas sobre habilidades matemáticas tempranas en educación infantil, tanto a nivel nacional como internacional (Cerdeña et al., 2015; Kersey et al., 2018). Es probable que la ausencia de diferencias se deba a la homogeneidad del contexto escolar examinado: sectores de mayor vulnerabilidad social, homogeneidad que podría modificarse si se consideran otras variables de contexto familiar (Susperreguy et al., 2020).

Limitaciones y futuras líneas

El tipo de estudio realizado, de carácter descriptivo correlacional, no permite establecer con claridad atribuciones causales dentro del conjunto de factores señalados. Estos podrían mejorarse de forma sustantiva con el desarrollo de estudios longitudinales o experimentales, los cuales permitirían controlar de mejor forma las fuentes de invalidación para atribuir o asociar el rol de los precusores con este tipo de pensamiento matemático informal. A ello se suma la necesidad de reparar en el tipo de tarea seleccionada, tanto para los precusores como para aquella correspondiente a la evaluación matemática elegida (Price y Wilkey, 2017).

Otra limitación del estudio es haber utilizado en exclusiva el subtest de pensamiento matemático informal de TEMA-3. Esta decisión se adoptó principalmente por el rango de edad de los participantes, ya que la edad de cuatro años constituye la mayor fuente de variabilidad en la competencia matemática (Aunio y Räsänen, 2016), y por el hecho que la puntuación global de la prueba está dada prácticamente en su totalidad por esta subprueba en la muestra de niños y niñas examinada. Por lo cual, un estudio en una muestra mayor de niños y niñas, como también, en otras realidades socioeducativas, podrían sin duda extender o complementar los resultados obtenidos en este trabajo.

Conclusiones

En función de los resultados de este estudio, se puede concluir que el aprender a contar, identificar números y comparar y manipular cantidades son habilidades claves en el desarrollo de lo que

podría denominarse la aritmética temprana y, constituyen predictores poderosos del aprendizaje y desempeño en matemática. Del mismo modo, la memoria de corto plazo verbal, la velocidad de procesamiento y la memoria viso-espacial son importantes en el desarrollo del pensamiento matemático informal, como también, de las habilidades matemáticas tempranas. De ahí la importancia de, no sólo evaluar ambos dominios de precursores para evitar o anticipar situaciones de estudiantes con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, sino también, de implementar acciones para potenciar su desarrollo (Raghubar y Barnes, 2017).

Lo anterior, tiene profundas implicancias en las prácticas de quienes ejercen su labor en educación infantil, al hacer ver lo beneficioso que puede resultar el potenciar las actividades matemáticas de aula para que promuevan el fortalecimiento de esas habilidades más básicas, como el entrenamiento de las habilidades de comparación no simbólica y simbólica, el identificar los números arábigos y asociarlos a la etiqueta verbal correspondiente, y también a un conjunto de elementos específicos y concretos, en una triada permanente (Siegenthaler et al., 2017). Más aún, cuando estas habilidades numéricas se han identificado en la población pre-escolar chilena como parte de los protocolos de detección e intervención de niños y niñas con trastornos específicos del lenguaje (Rodríguez et al., 2020). Dentro de los programas o actividades de intervención y enriquecimiento, las actividades lúdicas de carácter interactivo, apoyadas por objetos tangibles tradicionales, recursos virtuales o tecnológicos ayudan a los niños a comprender de mejor forma conceptos matemáticos abstractos (Aragón et al., 2017). De igual modo, nuevas metodologías de la enseñanza de la matemática han mostrado resultados promisorios en el fortalecimiento de estos precursores (Cerdeña et al., 2018)

Agradecimientos

Los autores agradecen al Gobierno de Chile el apoyo brindado a esta investigación a través de los proyectos Fondecyt Regular 1191064 y Programa de Financiamiento Basal PFB 0003.

Referencias

- Aragón, E., Aguilar, M., Navarro, J., y Howell, R. (2017). Improving number sense in kindergarten children with low achievement in mathematics. *Anales de Psicología*, 33(2), 311-318. <https://doi.org/10.6018/analesps.33.2.239391>
- Aragón, E., Cerdeña, G., Delgado, C., Aguilar, J., y Navarro, J. (2019). Individual differences in general and specific cognitive precursors in early mathematical learning. *Psicothema*, 31(2), 156-162. <https://doi.org/10.7334/psicothema2018.306>
- Aunio, P., y Räsänen, P. (2016). Core numerical skills for learning mathematics in children aged five to eight years—A working model for educators. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(5), 684-704. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2014.996424>
- Aunio, P., Heiskari, P., van Luit, J., y Vuorio, J. (2015). The development of early numeracy skills in kindergarten in low-, average- and high-performance groups. *Journal of Early Childhood Research*, 13, 3-16. <https://doi.org/10.1177/1476718>
- Bleses, D., Makransky, G., Dale, P.S., Højen, A., y Ari, B.A. (2016). Early productive vocabulary predicts academic achievement 10 years later. *Applied Psycholinguistics*, 37(6), 1461-1476. <https://doi.org/10.1017/S0142716416000060>
- Bull, R., y Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36-41.
- Cai, D., Zhang, L., Li Y., Wei, W., y Georgiou, G. (2018) The role of approximate number system in different mathematics skills across grades. *Frontiers in Psychology*, 9 (1733), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01733>

- Cerda, G.A., Pérez, C., y Ortega, R. (2014). Relationship between early mathematical competence, gender and social background in Chilean elementary school population. *Anales de Psicología*, 30(3), 1006-1013. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.152891>
- Cerda, G., Aragón, E., Pérez, C., Navarro, J.I., y Aguilar, M. (2018). The open algorithm based on numbers (ABN) method: an effective instructional approach to domain-specific precursors of arithmetic development. *Frontiers in Psychology*, 9 (1811), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01811>
- Cerda, G., Pérez, C., Navarro, J., Aguilar, M., Casas, J., y Aragón, E. (2015) Explanatory model of emotional-cognitive variables in school mathematics performance: a longitudinal study in primary school. *Frontiers in Psychology*, 6 (1363), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01363>
- Clearman, J., Klinger, V., y Szűcs, D. (2017). Visuospatial and verbal memory in mental arithmetic. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70(9), 1837-1855. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1209534>
- Costa, H.M., Nicholson, B., Donlan, C., y Van Herwegen, J. (2018). Low performance on mathematical tasks in preschoolers: the importance of domain-general and domain-specific abilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 62(4), 292-302. <https://doi.org/10.1111/jir.12465>
- Cragg, L., Richardson, S., Hubber, P.J., Keeble, S., y Gilmore, C. (2017). When is working memory important for arithmetic? The impact of strategy and age. *PloS one*, 12(12), e0188693. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188693>
- Decker, S.L., y Roberts, A.M. (2015). Specific cognitive predictors of early math problem solving. *Psychology in the Schools*, 52(5), 477-488. <https://doi.org/10.1002/pits.21837>
- del Río, M.F., y Strasser, K. (2013). Preschool children's beliefs about gender differences in academic skills. *Sex Roles*, 68, 231-238. <https://doi.org/10.1007/s11199-012-0195-6>
- Fawcett, A.J., y Nicholson, R. (2013). *DST-J. Test para la detección de la dislexia en niños*. [DST-J. The dyslexia screening test – Junior]. TEA.
- Formoso, J., Injoke-Ricle, I., Barreyro, J., Calero, A., Jacobovich, S., y Burín, D. (2018). Mathematical cognition, working memory, and processing speed in children. *Cognition, Brain, Behavior. An Interdisciplinary Journal*, 22(2), 59-86. <https://doi.org/10.24193/cbb.2018.22.05>
- Garon-Carrier, G., Boivin, M., Lemelin, J.P., Kovas, Y., Parent, S., Séguin, J., y Dionne, G. (2018). Early developmental trajectories of number knowledge and math achievement from 4 to 10 years: Low-persistent profile and early-life predictors. *Journal of School Psychology*, 68, 84-98. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2018.02.004>
- Geary, D.C., Nicholas, A., Li, Y., y Sun, J. (2017). Developmental change in the influence of domain-general abilities and domain-specific knowledge on mathematics achievement: An eight-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 109(5), 680-693. <https://doi.org/10.1037/edu0000159>
- Ginsburg, H., Baroody, A.J., del Río, M.C.N., y Guerra, I.L. (2007). *TEMA-3: Test de competencia matemática básica*. [Test of early mathematics ability]. TEA.
- Guzmán, B., Rodríguez, C., y Ferreira, R. (2021). Longitudinal performance in basic numerical skills mediates the relationship between socio-economic status and mathematics anxiety: evidence from Chile. *Frontiers in Psychology*, 11(3983), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.611395>
- Harvey, H.A., y Miller, G.E. (2017). Executive function skills, early mathematics, and vocabulary in head start preschool children. *Early Education and Development*, 28(3), 290-307. <https://doi.org/10.1080/10409289.2016.1218728>

- Ivanovic, R., Forno, H., Durán, M., Hazbún, J., Castro, C., y Ivanovic, D. (2000). Estudio de la capacidad intelectual (test de matrices progresivas de Raven) en escolares chilenos de 5 a 18 años. I. antecedentes generales, normas y recomendaciones. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 53(1) 5-30.
- Jara, N., y Troncoso, J. (2014). *Validación test de matrices progresivas de Raven escala coloreada, en escolares de la ciudad de Chillán*. Tesis para optar al grado de Psicólogo. Universidad del Bío Bío. <http://repositorio.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/204>
- Jordan, N.C., y Dyson, N. (2016). Catching math problems early: findings from the number sense intervention project. En A. Henik, (Ed), *Continuous Issues in Numerical Cognition* (pp. 59-79). Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801637-4.00003-2>
- Kersey, A., Braham, E., Csumitta, K., Libertus, M., y Cantlon, J. (2018). No intrinsic gender differences in children's earliest numerical abilities. *Npj Science Learn*, 3(12), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41539-018-0028-7>
- Lanfranchi, S., Cornoldi, C., y Vianello, R. (2004). Verbal and visuo-spatial working memory deficits in children with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 109(6), 456-466.
- Lyons, I.M., Price, G.R., Vaessen, A., Blomert, L., y Ansari, D. (2014). Numerical predictors of arithmetic success in grades 1-6. *Developmental Science*, 17(5), 714-726. <https://doi.org/10.1111/desc.12152>
- Montoya, M., Susperreguy, M., Dinarte, L., Morrison, F., San Martín, E., Rojas-Barahona, C., y Förster, C. (2019). Executive function in Chilean preschool children: do short-term memory, working memory, and response inhibition contribute differentially to early academic skills? *Early Childhood Research Quarterly*, 46, 187-200. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.02.009>
- Nguyen, T., Watts, T.W., Duncan, G.J., Clements, D.H., Sarama, J.S., Wolfe, C., y Spitler, M.E. (2016). Which preschool mathematics competencies are most predictive of fifth grade achievement? *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 550-560. <https://doi.org/10.1016/J.ECRESQ.2016.02.003>
- Nosworthy, N., Bugden, S., Archibald, L., Evans, B., y Ansari, D. (2013). A two-minute paper-and-pencil test of symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing explains variability in primary school children's arithmetic competence. *PloS one*, 8(7), e67918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067918>
- Paliwal, V., y Baroody, A.J. (2018). How best to teach the cardinality principle? *Early Childhood Research Quarterly*, 44, 152-160. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.03.012>
- Passolunghi, M.C., y Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: a longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 42-63. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02039.x>
- Passolunghi, M.C., Lanfranchi, S., Altoè, G., y Sollazzo, N. (2015). Early numerical abilities and cognitive skills in kindergarten children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 135, 25-42. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.02.001>
- Price, G., y Wilkey, E. (2017). Cognitive mechanisms underlying the relation between nonsymbolic and symbolic magnitude processing and their relation to math. *Cognitive Development*, 44, 139-149. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2017.09.003>
- Purpura, D.J., Day, E., Napoli, A.R., y Hart, S.A. (2017). Identifying domain-general and domain-specific predictors of low mathematics performance: a classification and regression tree analysis. *Journal of Numerical Cognition*, 3(2), 365-399. <https://doi.org/10.5964/jnc.v3i2.53>

- Raghubar, K., y Barnes, M. (2017). Early numeracy skills in preschool-aged children: a review of neurocognitive findings and implications for assessment and intervention. *Clinical Neuropsychological*, 31(2), 329-351. <https://doi.org/10.1080/13854046.2016.1259387>
- Raven, J., Court, H., y Raven, J. (1996) *Test de matrices progresivas: escalas coloreada, general y avanzada (2ª ed.)*. Paidós.
- Rodríguez, C., González, S., Peake, C., Sepúlveda, F., y Hernández-Cabrera, J. (2020). Number processing skill trajectories in children with specific language impairment. *Psicothema*, 32 (1), 92-99. <https://doi.org/10.7334/psicothema2019.104>
- Salminen, J., Koponen, T., y Tolvanen, A. (2018) Individuality in the early number skill components underlying basic arithmetic skills. *Frontiers in Psychology*, 9(1056), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01056>
- Schneider, M., Beeres, K., Coban, L., Merz, S., Susan Schmidt, S., Stricker, J., y De Smedt, B. (2017). Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing with mathematical competence: a meta-analysis. *Developmental Science*, 20(3), e12372 <https://doi.org/10.1111/desc.12372>
- Sepúlveda, F., Rodríguez, C., y Peake, C. (2019). Differences and associations in symbolic and non-symbolic early numeracy competencies of Chilean kinder grade children, considering socioeconomic status of schools. *Early Education and Development*, 31(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/10409289.2019.1609819>
- Siegenthaler, R., Miranda, A., Mercader, J., y Presentación, Mª.J. (2017). Habilidades matemáticas iniciales y dificultades matemáticas persistentes. *International Journal of Developmental and Educational Psychology* 3(1), 233-241, <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v3.992>
- Susperreguy, M., Di Lionardo-Burr, S., Xu, C., Douglas, H., y LeFevre, J. (2020 in press). Children's home numeracy environment predicts growth of their early mathematical skills in kindergarten. *Child Development*, 91(5), 1663-1680. <https://doi.org/10.1111/cdev.13353>
- Susperreguy, M., Peake, C., y Gómez, D. (2020). Research on numerical cognition in Chile: current status, links to education and challenges. *Studies in Psychology*, 41(2), 404-438. <https://doi.org/10.1080/02109395.2020.1748842>
- Vanbinst, K., Ansari, D., Ghesquière, P., y De Smedt, B. (2016). Symbolic numerical magnitude processing is as important to arithmetic as phonological awareness is to reading. *PloS one*, 11(3), e0151045. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151045>
- Vanbinst, K., Ceulemans, E., Peters, L., Ghesquière, P., y De Smedt, B. (2018). Developmental trajectories of children's symbolic numerical magnitude processing skills and associated cognitive competencies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 232-250. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.08.008>
- Wechsler, D. (2009). *WPPSI-III, Escala de inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria-III*. [Wechsler preschool and primary scale of intelligence-III]. Manual Moderno.
- Wong, T., Ho, C., y Tang, J. (2016). The relation between ANS and symbolic arithmetic skills: the mediating role of number-numerosity mappings. *Contemporary Educational Psychology*, 46, 208-217. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.06.003>
- Xenidou-Dervou, I., Molenaar, D., Ansari, D., Schoot, M., y Van Lieshout, E. (2017). Nonsymbolic and symbolic magnitude comparison skills as longitudinal predictors of mathematical achievement. *Learning and Instruction*, 50, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.11.001>
- Xenidou-Dervou, I., Van Luit, J.E., Kroesbergen, E.H., Friso-van den Bos, I., Jonkman, L.M., van der Schoot, M., y van Lieshout, E.C. (2018). Cognitive predictors of children's development in mathematics achievement: a latent growth modeling approach. *Developmental Science*, 21(6), e12671, 1-13. <https://doi.org/10.1111/desc.12671>