

Las actividades espaciales en el hogar predicen habilidades matemáticas informales de numeración y cálculo

Irina Sánchez

Centro de Investigación Básica en Psicología, Facultad de Psicología, Universidad de la República, Uruguay.

Resumen

Las habilidades espaciales nos permiten conocer y entender las relaciones entre los objetos físicos, siendo estas cruciales para resolver tareas cotidianas. En las últimas décadas, varios estudios han mostrado la relación entre las habilidades espaciales y las matemáticas incluso desde etapas preescolares. Conociendo la maleabilidad de las habilidades espaciales y su posible transferencia sobre el desempeño matemático, nos preguntamos si aquellos niños con mayor exposición a actividades de tipo espacial, presentarán mayores habilidades espaciales y mejor desempeño matemático. Para ello, medimos la frecuencia de actividades espaciales cotidianas que realizaron 37 niños de 6 años y lo relacionamos con su habilidad de transformación mental y su desempeño en distintos constructos matemáticos a nivel formal e informal. Los resultados muestran que aquellos niños cuyos padres reportan mayor frecuencia de actividades espaciales presentan mejores puntuaciones en el test de razonamiento espacial (CMTT; Levine, Huttenlocher, Taylor, & Langrock, 1999), así como mejores resultados en áreas de matemática informal como numeración y cálculo medidos mediante la aplicación de TEMA3 (Ginsburg y Baroody, 2003). Estos resultados sugieren que la exposición temprana a actividades espaciales podría ser un factor estimulador de las habilidades espaciales y matemáticas, pudiendo influir mediante la precisión de la línea numérica mental y repercutiendo en el acceso a la numeración.

Palabras clave: actividades espaciales; habilidades espaciales; matemática.

Abstract

Spatial skills allow us to understand the relationships between physical objects, being crucial for solving many everyday tasks. In the last few decades, several studies have shown the relationship between spatial and math skills, even in preschool children. On account of the malleability of spatial skills and their possible transfer on mathematical performance, we wonder if those children with greater exposure to spatial-like activities at home show better spatial and mathematical knowledge. In order to do this, we measured the frequency of everyday spatial activities that 37 six years-old practiced, and related it to their mental transformation performance and their knowledge on different formal and informal math constructs. Our results show that children whose parents reported greater frequency of spatial activities have better scores both on the spatial reasoning test (CMTT; Levine, Huttenlocher, Taylor, & Langrock, 1999) and on informal math areas as number knowledge and calculation, measured by the application of TEMA-3 (Ginsburg y Baroody, 2003). These results suggest that early exposure to spatial activities could work as a stimulating factor over spatial skills and informal math, possibly being an influence on the precision of the mental number line that affects the access to numbering.

Keywords: spatial activities; spatial skills; math.

Introducción

Las habilidades espaciales nos permiten comprender e interactuar con los objetos del mundo que nos rodea, muy importantes para resolver diferentes tareas cotidianas como armar una valija, estacionar un auto o comprender un mapa. Además, el lenguaje espacial es utilizado en muchas situaciones como metáfora de situaciones diversas como por ejemplo “estar cerca” (de alcanzar un objetivo) o ser “de afuera” (para decir que no se proviene de la capital del país).

Es vasta la evidencia que sugiere que las habilidades espaciales están presentes desde muy temprano en el desarrollo (Duffy, Huttenlocher, Levine, & Duffy, 2005; Huttenlocher, Duffy, & Levine, 2002; Kinzler & Spelke, 2007; Newcombe, Huttenlocher, & Learmonth, 1999; Shutts, Rnkloo, Von Hofsten, Keen, & Spelke, 2009; Spelke & Kinzler, 2007) y que se van desarrollando a lo largo de la vida (Frick, Hansen, & Newcombe, 2013; Newcombe, 1989). Un estudio reciente muestra que el ambiente explica cerca del 70% de la variabilidad en las habilidades espaciales de una población de 4174 pares de gemelos (Tosto et al., 2014). Contrariamente a lo que el común de la gente piensa, no nacemos determinados a ser “genios espaciales” así como tampoco podemos decir que hay gente que nace sin esa habilidad. Un meta análisis de una gran variedad de entrenamientos espaciales muestra que las habilidades espaciales son maleables a lo largo de la vida y, por lo tanto, son factibles de ser entrenadas tanto en la niñez como en la adultez. Los efectos del entrenamiento son, en algunos casos, transferibles a otros dominios espaciales no directamente entrenados o a tareas de otra naturaleza (Uttal, Meadow, et al., 2013). En este sentido, varios estudios han mostrado que el entrenamiento en habilidades espaciales transfiere resultados positivos al área

matemática (Cheng & Mix, 2014; Grissmer et al., 2013); pero véase también Hawes, Moss, Caswell, & Poliszczuk, 2015).

Desde hace varias décadas existen investigaciones que se han centrado en el reporte de las correlaciones entre las habilidades espaciales y el rendimiento en matemática. Es importante destacar que esta correlación está presente incluso en bebés de 8 meses de edad (de Hevia & Spelke, 2010), aunque también ha sido reportada en preescolares (Geary & Burlingham-Dubree, 1989; Verdine et al., 2014), escolares (Kulp, 1999; Mazzocco & Myers, 2003), adolescentes (Casey, Nuttall, & Pezaris, 2001; Rohde & Thompson, 2007) y adultos (Casey, Nuttall, Pezaris, & Benbow, 1995). Otros autores se han centrado en el carácter predictivo de esta relación, siendo los niveles de habilidad espacial en preescolares fuertes determinantes del posterior desempeño matemático (Kurdek & Sinclair, 2001; Wolfgang, Stannard, & Jones, 2001, 2003). Al mismo tiempo, varios estudios de cohorte muestran la impronta espacial sobre el posterior desempeño académico y laboral en áreas como ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, conocidas como áreas STEM (Humphreys, Lubinski, & Yao, 1993; Shea, Lubinski, & Benbow, 2001; Stieff & Uttal, 2015; Uttal, Miller, & Newcombe, 2013; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009; Webb, Lubinski, & Benbow, 2007).

Aparte de reportar correlaciones concurrentes y predictivas, varios autores se han enfocado en buscar fundamentos para las relaciones entre el razonamiento espacial y el matemático. Existe evidencia robusta que sugiere que los humanos tendemos a asociar números y espacio (de Hevia & Spelke, 2010; Dehaene, Bossini, & Giraux, 1993). Un indicio de estas representaciones asociadas es el efecto SNARC (Spatial-Numerical Association of Response Codes, por sus siglas en inglés), en el cual los números parecen representarse en un continuo lineal que, en occidente, va de izquierda a derecha en el

espacio, pero su construcción parece ser congruente con el script ortográfico de cada cultura (Dehaene et al., 1993). Esta línea numérica mental comienza a construirse desde la infancia y se va perfeccionando. Al parecer, en un primer momento del desarrollo la línea numérica mental no sigue una relación lineal sino más bien logarítmica, ya que los números pequeños son más fáciles de distinguir entre sí que los más grandes (Booth & Siegler, 2006), y se vuelve más lineal a medida que se avanza en el desarrollo. Con respecto a estas construcciones, un estudio del 2012 sugiere que las habilidades espaciales contribuyen al desarrollo del conocimiento numérico en niños ayudándolos a construir una línea numérica mental más precisa, y esta precisión repercute en la representación numérica, específicamente en el cálculo no simbólico y la capacidad para estimar (Gunderson, Ramirez, Beilock, & Levine, 2012).

Varias investigaciones previas han mostrado la influencia de las experiencias tempranas de los niños como factores clave para el desempeño cognitivo posterior en áreas como lenguaje (Andrés, Canet-Juric, Richard's, Introzzi, & Urquijo, 2010; Sénéchal & LeFevre, 2002; Sénéchal, 2006; Weinberger, 1996), matemática (Lefevre et al., 2009; Skwarchuk, Sowinski, & LeFevre, 2014) o funcionamiento social (National Institute of Child Health and Human Development Early Child Care Research Network, 2003). En el área del conocimiento numérico, la práctica cotidiana de actividades informales que involucran procesamiento numérico (como contar dinero, cocinar o jugar con dados) contribuye a la adquisición de nociones matemáticas tempranas (Lefevre et al., 2009; Skwarchuk et al., 2014). En este sentido, varias investigaciones han tomado como objeto de estudio la práctica de actividades espaciales con el objetivo de analizar su posible influencia y asociación con las - ampliamente reportadas (véase Linn & Petersen, 1985; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995) - diferencias de género en el pensamiento espacial. Estos estudios afirman que el mayor rendimiento en razonamiento espacial de los hombres se

debe fundamentalmente a la experiencia diferenciada en cuanto a actividades espaciales (Nazareth, Herrera, & Pruden, 2013; Newcombe, Bandura, & Taylor, 1983). Tomando como referencia estos abordajes sobre las actividades en el hogar, hipotetizamos el efecto de la práctica continuada de actividades de naturaleza espacial sobre el desempeño cognitivo espacial y matemático de niños preescolares.

Todos los estudios antes mencionados muestran una clara relación entre las habilidades espaciales y el desempeño matemático. Sin embargo, es escasa la evidencia que muestra la influencia de una determinada habilidad espacial sobre un área matemática específica (para una revisión ver Mix & Cheng, 2012). En este estudio, ponemos el foco de análisis en la interacción que puede ocurrir entre habilidades espaciales y componentes formales e informales de la matemática así como en los subcomponentes implicados en éstas áreas de aprendizaje (como por ejemplo numeración, cálculo, comparación de cantidades o números, o el entendimiento de distintos conceptos).

En definitiva, nos preguntamos si la estimulación temprana del pensamiento espacial tiene un impacto sobre el desempeño matemático partiendo de la idea de que la frecuencia de práctica de las actividades espaciales a edades tempranas correlaciona con las habilidades espaciales y matemáticas.

Metodología

Participantes

37 niños (M= 73 meses, SD= 4 meses; 19 niñas), asistentes a nivel 5 de un jardín de infantes público de Montevideo.

Materiales

Cuestionario a padres

La frecuencia de actividades espaciales en el hogar de cada niño fue medida a través de un cuestionario diseñado específicamente para esto. En este cuestionario, los padres debían responder a través de una escala Likert de 3 opciones, cuán frecuentemente su hijo realizó ciertas actividades de naturaleza espacial en los últimos meses (ver Anexo). La fiabilidad del cuestionario se evaluó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose un coeficiente aceptable ($\alpha=.76$).

A partir del puntaje obtenido en el cuestionario (se asignó 0 a la respuesta *nunca*, 1 a la respuesta *a veces* y 2 a la respuesta *siempre*), se conformó el índice de frecuencia de exposición a actividades espaciales que proviene del cociente de la suma total del puntaje obtenido y el máximo puntaje posible del cuestionario.

Habilidad espacial

Las habilidades espaciales de los niños fueron medidas por el Children's Mental Transformation Task (CMTT; Levine, Huttenlocher, Taylor, & Langrock, 1999). Esta tarea consiste en mostrarle al niño dos mitades de una figura dividida en su eje vertical. A partir de cuatro opciones, el niño debe elegir cuál de ellas se formaría si las dos piezas fueran puestas juntas (ver Figura 1). La tarea requiere que el niño forme y mantenga la representación visual de cada figura y la posible rotación de las figuras para determinar cuál sería el resultado final. Todos los niños completaron 32 ítems en uno de cuatro formatos (A, B, C o D) y órdenes (hacia adelante o hacia atrás). El formato y orden fue contrabalanceado a través de los participantes.

INSERTAR FIGURA 1 AQUÍ.

Conocimiento de matemáticas

El conocimiento en matemáticas de cada niño fue evaluado a través del Test of Early Mathematics Ability (TEMA-3; Ginsburg & Baroody, 2003), adaptado y baremado en España por Núñez y Lozano (2010). Este test está diseñado específicamente para medir las habilidades matemáticas formales e informales en niños de entre 3 años y 8 años y 11 meses a través de 72 ítems. Las competencias matemáticas informales son medidas a través de cuatro subtests: numeración (conteo y cardinalización), comparación (a nivel simbólico y no simbólico), cálculo informal (problemas de cálculo con material concreto) y conceptos numéricos informales (principio de cardinalidad, conservación numérica). Los ítems que puntúan conocimientos en matemática formal también se miden según cuatro subtests: convencionalismos (lectura y escritura de números arábigos), hechos numéricos (conocimiento de resultados de operaciones simples sin necesidad de realizar el cálculo), cálculo (problemas de cálculo de forma escrita y mental) y conceptos numéricos (ej. entendimiento de decenas y centenas). Las tareas a resolver a lo largo del test no requieren habilidades lectoras, por lo tanto, dificultades específicas en la lectura no afectan el resultado de competencia matemática final. A partir del desempeño de cada niño en el test, obtuvimos tres puntajes: el índice de competencia matemático, un coeficiente que indica el desempeño global comparado con el grupo etario correspondiente ($M = 100$, $SD = 15$); un puntaje de matemática informal, proporcional a la cantidad de ítems informales que el niño contestó correctamente y, de la misma forma, un puntaje de matemática formal, proporcional a la cantidad de ítems formales que el niño contestó correctamente.

Procedimiento

Los experimentadores visitaron la escuela donde tuvieron una entrevista con los padres de cada niño participante del estudio. Durante la entrevista se recabaron datos del contexto socioeconómico de cada niño y se administró el cuestionario donde se indagaba sobre la frecuencia de ciertas actividades de carácter espacial. Los datos de desempeño matemático y espacial de los niños se tomaron luego de la entrevista con los padres durante una sesión individual de 30 minutos aproximadamente, contrabalanceando los órdenes de aplicación de los tests a través de los participantes.

Resultados

Estadística descriptiva

Los puntajes medios en el índice de actividades numéricas, Children's Mental Transformation Task, matemática general, matemática formal y matemática informal (que provienen de la aplicación del TEMA3) pueden verse en la Tabla 1. La normalidad de los datos fue comprobada usando pruebas Kolmogorov-Smirnov, por lo que se utilizaron pruebas paramétricas en todos los análisis que presentamos a continuación.

INSERTAR TABLA 1 AQUÍ.

El rendimiento de los niños en la tarea de transformación mental fue mayor al azar (25%), promediando 16.46 de un total de 32 puntos (51.44%), $t(36)=9.46$, $p<.001$. Dado que varios estudios han reportado una diferencia en el dominio espacial a favor de los niños, realizamos un análisis para explorar posibles diferencias de género. Si bien la literatura previa predice un mejor desempeño de estas habilidades en niños que en niñas, nuestros resultados muestran diferencias significativas a favor de las niñas en el rendimiento del

test de transformación mental, $t(31.83)=2.42$, $p=.021$. Sin embargo, las medias por sexo son similares para el índice de actividades espaciales $t(30.16)=0.25$, $p=.804$ y también para el índice de competencia matemática $t(33.47)=1.46$, $p=.154$.

Relación entre frecuencia de actividades en la casa y habilidades cognitivas

Encontramos correlaciones significativas entre frecuencia de actividades espaciales y la habilidad de los niños en transformación mental $r=.334$, $p=.043$, así como entre la transformación mental y el conocimiento matemático $r=.504$, $p=.001$ (ver Tabla 2).

INSERTAR TABLA 2 AQUÍ.

Enfocándonos en nuestras variables de interés realizamos análisis de regresión para evaluar la predictibilidad de la frecuencia de exposición a habilidades espaciales en el hogar sobre la performance matemática de los niños. A nivel general, la ecuación resultante muestra una relación no significativa entre las dos variables $F(1, 35)=2.88$, $p=.098$. Sin embargo, si desagregamos este análisis en los componentes matemáticos formales y los informales, se puede apreciar que mientras para lo formal no existe una relación de predicción $F(1, 35)=1.01$, $p=.322$, para matemática informal podría verse un efecto marginalmente significativo $F(1, 35)=3.67$, $p=.063$ (ver Figura 2). Con intención de conocer mejor este efecto de la frecuencia de exposición a actividades espaciales en el hogar sobre el desempeño en matemática informal, realizamos regresiones para cada uno de los componentes evaluados dentro de dicho componente. Ni las habilidades de comparación de cantidades ni los conceptos matemáticos evaluados parecen ser influenciados por la frecuencia de exposición a actividades espaciales realizadas ($F(1,35)=1.50$, $p=.228$; y $F(1,35)=0.09$, $p=.764$ respectivamente). Sin embargo, al calcular la regresión para predecir las habilidades de numeración y cálculo a partir de la frecuencia de actividades espaciales, sí encontramos ecuaciones de regresión

significativas ($F(1,35)=4.27$, $p=.046$; y $F(1,35)=4.22$, $p=.047$ respectivamente) (ver Figura 3).

INSERTAR FIGURAS 2 Y 3 AQUÍ.

Discusión

La presente investigación tiene como objetivo conocer las posibles relaciones entre el razonamiento matemático, el espacial y la frecuencia de exposición a actividades de tipo espacial en el hogar de niños preescolares. Nuestros resultados muestran que la frecuencia con la que los niños realizan ciertas actividades de naturaleza espacial en sus hogares predice sus habilidades de transformación mental medidas mediante el test de habilidades espaciales CMTT (Levine et al., 1999). Las actividades de naturaleza espacial pueden ser consideradas como una primera aproximación a las áreas STEM ya que varios estudios reportan que a mejores puntuaciones en tests espaciales, mejor rendimiento académico en matemáticas durante la etapa escolar (Kulp, 1999; Mazzocco & Myers, 2003) y mayor probabilidad de tener éxito en disciplinas STEM en la adultez (Wai et al., 2009).

Aunque las relaciones entre el razonamiento espacial y el matemático son ampliamente reportadas en la literatura (Casey et al., 1995; Cheng & Mix, 2014; Geary, 1993; Gunderson et al., 2012; Kulp, 1999; Kurdek & Sinclair, 2001; Mazzocco & Thompson, 2005; Mix & Cheng, 2012; Newcombe, 2010; Rourke & Finlayson, 1978; Wolfgang et al., 2001, 2003), poco se conoce sobre la naturaleza de las interacciones entre habilidades espaciales específicas y diferentes constructos matemáticos. Existen en la literatura dos teorías principales para explicar la relación entre el dominio espacial y el desempeño matemático. La primera plantea que el razonamiento espacial es utilizado directamente a

la hora de resolver tareas numéricas (Fias & Fischer, 2005). Una posibilidad, por tanto, es que el razonamiento espacial influya en la construcción y en la precisión de la línea numérica mental (Crollen & Noël, 2015; Gunderson et al., 2012; LeFevre et al., 2013). Asimismo, la precisión en la ubicación en la línea numérica mental se traduciría en un mayor dominio de relaciones ordinales, es decir, de la posición relativa de los números en la secuencia numérica. Este aspecto de la matemática es evaluado exhaustivamente en los ítems de numeración correspondientes a 6 años del test que utilizamos en este estudio (TEMA-3) y parece ser un aspecto central de las representaciones numéricas tanto para niños (Lyons, Price, Vaessen, Blomert, & Ansari, 2014) como para adultos (Lyons & Beilock, 2009, 2011). Otra posible explicación de la relación entre los números y el espacio se basa en que ambas están mediadas por procesos cognitivos más generales, como la memoria de trabajo (Fias, Van Dijck, Gevers, & Dunantlaan, 2008; Herrera, Macizo, & Semenza, 2008). Algunos estudios revelan que, por ejemplo, en tareas de paridad el efecto SNARC puede ser revertido creando nuevas asociaciones (que implican memoria de corta duración) entre los números y los lados de respuesta (Notebaert, Gevers, Verguts, & Fias, 2006). Otros muestran que el efecto SNARC desaparece si la memoria de trabajo está comprometida durante la ejecución de otra tarea, mostrando que este efecto depende directamente de la memoria de trabajo (Van Dijck, Gevers, & Fias, 2009). Observaciones de este tipo podrían indicar que los números no están intrínsecamente ligados al espacio, si no que la relación se construye durante la ejecución de ciertas tareas. Dado que este estudio no cuenta con una medida de memoria de trabajo de cada niño participante, no podemos apoyar ni refutar esta hipótesis aunque esperamos incluir en futuros trabajos el estudio del rol específico de la memoria de trabajo en diferentes tareas matemáticas y espaciales.

Nuestros resultados aportan información en relación a que la frecuencia con la que se realizan actividades espaciales en el hogar correlaciona con ciertas competencias matemáticas informales, pero no así con las formales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la muestra de preescolares estudiada son asistentes a un mismo jardín de infantes por lo que no reciben aún instrucción matemática formal y, además, el test con el que medimos competencias matemáticas (TEMA-3) tiene escasos ítems de evaluación de competencias formales para 6 años. Estas dos circunstancias se traducen en poca variabilidad de los puntajes de desempeño matemático formal lo que podría estar relacionado con las relaciones no significativas entre la frecuencia de actividades espaciales en el hogar y el desempeño matemático que nuestro estudio reporta.

Sin embargo, al analizar la relación entre la práctica cotidiana de actividades de naturaleza espacial y constructos matemáticos informales, nuestros resultados muestran una relación positiva significativa para tareas de *numeración y cálculo*. En este sentido, nuestros resultados son compatibles con los reportados previamente por Cheng y Mix (2014), en donde reportan mayores habilidades de cálculo luego de un entrenamiento en tareas de rotación mental.

Si bien este estudio no presenta un diseño de intervención, la frecuencia con la que los niños practican diversas actividades espaciales en su casa podría pensarse como un posible factor estimulador del desempeño matemático, al menos en la etapa preescolar. En este sentido, es posible que la práctica de actividades espaciales repercuta sobre el desempeño matemático, pero también puede suceder que los niveles de desempeño se relacionen con la motivación por ciertas actividades en el hogar.

Investigaciones previas sobre los efectos de las actividades espaciales reportaron su influencia sobre el pensamiento espacial, fundamentando desde ésta hipótesis las

diferencias de género en éste ámbito del razonamiento (Nazareth et al., 2013; Newcombe et al., 1983). Aunque las actividades espaciales reportadas y la edad de los sujetos difieren, nuestros resultados confirman que la exposición a actividades de naturaleza espacial correlaciona con los niveles de desempeño espacial, y que niños y niñas participan con igual frecuencia en este tipo de actividades. A diferencia de estas investigaciones previas, nuestros resultados muestran que las niñas obtuvieron mejores puntajes en el Children's Mental Transformation Task, a pesar de que no necesariamente practicaban en mayor medida las actividades espaciales propuestas ni presentaban mayores niveles de conocimiento matemático. Aunque la mayor parte de la literatura muestra mejor rendimiento espacial en los hombres (Johnson & Meade, 1987; Levine et al., 1999), algunos trabajos evidencian rendimientos similares en ambos géneros (Lachance & Mazocco, 2006; Manger & Eikeland, 1998; Vasta, Regan, & Kerley, 1980) o incluso diferencias favoreciendo a las mujeres (Kaplan & Weisberg, 1987; Kurdek & Sinclair, 2001). Son muchas las fundamentaciones teóricas sobre estos fenómenos, algunas justifican el desempeño sexualmente dimórfico desde capacidades evolutivas ancestrales de sobrevivencia (Moffat, Hampson, & Hatzipantelis, 1998; Silverman & Eals, 1992), otras según influencias de hormonas prenatales (Puts, Mcdaniel, Jordan, & Breedlove, 2008), y otras proponen que son las experiencias tempranas que modelan los intereses y el rendimiento posterior (Nazareth et al., 2013; Newcombe et al., 1983). Nuestros datos no nos permiten apoyar ninguna de las teorías antes mencionadas, pero futuras investigaciones podrían contribuir al entendimiento de las diferencias de género en el razonamiento espacial de nuestra población.

En resumen, nuestros resultados sugieren que la estimulación espacial temprana se relaciona con el razonamiento espacial y con ciertos ámbitos del desempeño matemático informal. Estudios longitudinales pueden colaborar a dilucidar la dirección de la relación

entre lo espacial y la matemática así como el posible rol de la estimulación mediante actividades espaciales. Conocer las relaciones de influencia que ciertas variables tienen sobre las otras a lo largo del desarrollo es de suma importancia para el diseño de estrategias pedagógicas y planes educativos.

Referencias

- Andrés, M. L., Canet-Juric, L., Richard's, M. M., Introzzi, I., & Urquijo, S. (2010). Disponibilidad de recursos materiales en el hogar y adquisición de habilidades pre-lectoras. *Revista Semestral de Associação Brasileira de Psicologia Escolar E Educacional*, *14*(1), 139–148.
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology*, *42*(6), 189–201.
<http://doi.org/10.1037/0012-1649.41.6.189>
- Casey, M. B., Nuttall, R. L., & Pezaris, E. (2001). Spatial-Mechanical Reasoning Skills versus Mathematics Self-Confidence as Mediators of Gender Differences on Mathematics Subtests Using Cross-National Gender-Based Items. *Journal for Research in Mathematics Education*, *32*(1), 28–57. <http://doi.org/10.2307/749620>
- Casey, M. B., Nuttall, R., Pezaris, E., & Benbow, C. P. (1995). The influence of spatial ability on gender differences in mathematics college entrance test scores across diverse samples. *Developmental Psychology*, *31*(4), 697–705.
<http://doi.org/10.1037/0012-1649.31.4.697>
- Cheng, Y. L., & Mix, K. S. (2014). Spatial Training Improves Children's Mathematics Ability. *Journal of Cognition and Development*, *15*(1), 2–11.
<http://doi.org/10.1080/15248372.2012.725186>
- Crollen, V., & Noël, M. P. (2015). Spatial and numerical processing in children with high and low visuospatial abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, *132*, 84–98. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.12.006>

- de Hevia, M. D., & Spelke, E. S. (2010). Number-space mapping in human infants. *Psychological Science, 21*(5), 653–60. <http://doi.org/10.1177/0956797610366091>
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General, 122*(3), 371–396. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>
- Duffy, S., Huttenlocher, J., Levine, S., & Duffy, R. (2005). How infants encode spatial extent. *Infancy, 8*(1), 81–90. http://doi.org/10.1207/s15327078in0801_5
- Fias, W., & Fischer, M. H. (2005). Spatial Representation of numbers. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 43–54). New York: Psychology Press. <http://doi.org/10.4324/9780203998045.ch3>
- Fias, W., Van Dijck, J.-P., Gevers, W., & Dunantlaan, H. (2008). How number is associated with space? The role of working memory. In S. Dehaene & E. Brannon (Eds.), *Space, time and number in the brain: Searching for the foundations of mathematical thought* (pp. 133–148). Amsterdam: Elsevier.
- Frick, A., Hansen, M. A., & Newcombe, N. S. (2013). Development of mental rotation in 3- to 5-year-old children. *Cognitive Development, 28*(4), 386–399. <http://doi.org/10.1016/j.cogdev.2013.06.002>
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin, 114*(2), 345–362.
- Geary, D. C., & Burlingham-Dubree, M. (1989). External validation of the strategy choice model for addition. *Journal of Experimental Child Psychology, 47*(2), 175–192. [http://doi.org/10.1016/0022-0965\(89\)90028-3](http://doi.org/10.1016/0022-0965(89)90028-3)

Ginsburg, H., & Baroody, A. (2003). *Test of Early Mathematics Ability-Third Edition*.

Austin, TX: Pro Ed.

Grissmer, D. W., Mashburn, A., Cottone, E., Chen, W., Brock, L., Murrah, W., &

Cameron, C. (2013). Play-based after-school curriculum improves measures of visuospatial and math skills and classroom behavior for high-risk K-1 children. In *Paper presented at the Society for Research in Child Development, Seattle, WA*.

Gunderson, E. A., Ramirez, G., Beilock, S. L., & Levine, S. C. (2012). The relation between spatial skill and early number knowledge: the role of the linear number line. *Developmental Psychology, 48*(5), 1229–1241.

<http://doi.org/10.1037/a0027433>

Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B., & Poliszczuk, D. (2015). Effects of mental rotation training on children's spatial and mathematics performance : A randomized controlled study. *Trends in Neuroscience and Education, 4*(3), 1–9.

<http://doi.org/10.1016/j.tine.2015.05.001>

Herrera, A., Macizo, P., & Semenza, C. (2008). The role of working memory in the association between number magnitude and space. *Acta Psychologica, 128*(2), 225–237. <http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2008.01.002>

Humphreys, L. G., Lubinski, D., & Yao, G. (1993). Utility of predicting group membership and the role of spatial visualization in becoming an engineer, physical scientist, or artist. *The Journal of Applied Psychology, 78*(2), 250–261.

<http://doi.org/10.1037/0021-9010.78.2.250>

Huttenlocher, J., Duffy, S., & Levine, S. (2002). Infants and toddlers discriminate amount: are they measuring? *Psychological Science, 13*(3), 244–249.

<http://doi.org/10.1111/1467-9280.00445>

- Johnson, E. S., & Meade, A. C. (1987). Developmental patterns of spatial ability: and early sex difference. *Child Development, 58*(3), 725–740.
- Kaplan, B. J., & Weisberg, F. B. (1987). Sex differences and practice effects on two visual-spatial tasks. *Perceptual and Motor Skills, 64*, 139–142.
- Kinzler, K. D., & Spelke, E. S. (2007). Core systems in human cognition. *Progress in Brain Research, 164*, 257–264. [http://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)64014-X](http://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)64014-X)
- Kulp, M. (1999). Relationship between Visual Motor Integration Skill and Academic Performance in Kindergarten through Third Grade. *Optometry and Vision Science, 76*(3), 159–163.
- Kurdek, L. A., & Sinclair, R. J. (2001). Predicting reading and mathematics achievement in fourth-grade children from kindergarten readiness scores. *Journal of Educational Psychology, 93*(3), 451–455. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.451>
- Lachance, J. A., & Mazzocco, M. M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and Individual Differences, 16*(3), 195–216. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.12.001>
- LeFevre, J. A., Lira, C. J., Sowinski, C., Cankaya, O., Kamawar, D., & Skwarchuk, S. L. (2013). Charting the role of the number line in mathematical development. *Frontiers in Psychology, 4*, 641. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00641>
- Lefevre, J.-A., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Kamawar, D., & Bisanz, J. (2009). Home Numeracy Experiences and Children's Math Performance in the

Early School Years. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 41(2), 55–66.

<http://doi.org/10.1037/a0014532>

Levine, S. C., Huttenlocher, J., Taylor, A., & Langrock, A. (1999). Early sex differences in spatial skill. *Developmental Psychology*, 35(4), 940–949.

<http://doi.org/10.1037/0012-1649.35.4.940>

Linn, M., & Petersen, A. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479–1498.

<http://doi.org/10.2307/1130467>

Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2009). Beyond quantity: individual differences in working memory and the ordinal understanding of numerical symbols. *Cognition*, 113(2), 189–204. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.08.003>

Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2011). Numerical ordering ability mediates the relation between number-sense and arithmetic competence. *Cognition*, 121(2), 256–261.

<http://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.07.009>

Lyons, I. M., Price, G. R., Vaessen, A., Blomert, L., & Ansari, D. (2014). Numerical predictors of arithmetic success in grades 1-6. *Developmental Science*, 17(5), 714–

726. <http://doi.org/10.1111/desc.12152>

Manger, T., & Eikeland, O. J. (1998). The effects of spatial visualization and students' sex on mathematical achievement. *British Journal of Psychology*, 89, 17–25.

Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9532723>

Mazzocco, M. M. M., & Myers, G. F. (2003). Complexities in Identifying and Defining Mathematics Learning Disability in the Primary School-Age Years. *Annals of*

Dyslexia, 53(1), 218–253. <http://doi.org/10.1007/s11881-003-0011-7>.Complexities

Mazzocco, M. M. M., & Thompson, R. E. (2005). Kindergarten Predictors of Math Learning Disability. *Learning Disabilities Research & Practice : A Publication of the Division for Learning Disabilities, Council for Exceptional Children*, 20(3), 142–155. <http://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2005.00129.x>

Mix, K. S., & Cheng, Y. L. (2012). *The Relation Between Space and Math. Developmental and Educational Implications. Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 42). Elsevier Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-394388-0.00006-X>

Moffat, S. D., Hampson, E., & Hatzipantelis, M. (1998). Navigation in a “virtual” maze: sex differences and correlation with psychometric measures of spatial ability in humans. *Evolution and Human Behavior*, 19, 73–87.

National Institute of Child Health and Human Development Early Child Care Research Network. (2003). Social functioning in first grade : associations with earlier home and child care predictors and with current classroom experiences. *Child Development*, 74(6), 1639–1662.

Nazareth, A., Herrera, A., & Pruden, S. M. (2013). Explaining sex differences in mental rotation: role of spatial activity experience. *Cognitive Processing*, 14(2), 201–204. <http://doi.org/10.1007/s10339-013-0542-8>

Newcombe, N. (1989). The Development of Spatial Perspective Taking. *Advances in Child Development and Behavior*, 22, 203–247. [http://doi.org/10.1016/S0065-2407\(08\)60415-2](http://doi.org/10.1016/S0065-2407(08)60415-2)

- Newcombe, N. (2010). Picture this: increasing math and science learning by improving spatial thinking. *American Educator*, 34(2), 29. <http://doi.org/10.1037/A0016127>
- Newcombe, N., Bandura, M. M., & Taylor, D. G. (1983). Sex differences in spatial ability and spatial activities. *Sex Roles*, 9(3), 337–386.
- Newcombe, N., Huttenlocher, J., & Learmonth, A. (1999). Infants' coding of location in continuous space. *Infant Behavior & Development*, 22(4), 483–510.
- Notebaert, W., Gevers, W., Verguts, T., & Fias, W. (2006). Shared spatial representations for numbers and space: the reversal of the SNARC and the Simon effects. *Journal of Experimental Psychology - Human Perception and Performance*, 32(5), 1197–1207. <http://doi.org/10.1037/0096-1523.32.5.1197>
- Núñez, M. C., & Lozano, I. (2010). *TEMA-3 Test de Competencia Matemática Básica 3 (adaptación al español)*. Madrid: TEA Ediciones.
- Puts, D. A., Mcdaniel, M. A., Jordan, C. L., & Breedlove, S. M. (2008). Spatial ability and prenatal androgens: meta-analyses of CAH and digit ratio (2D:4D) studies. *Archives of Sexual Behavior*, 37(1), 100–111. <http://doi.org/10.1007/s10508-007-9271-3>
- Rohde, T. E., & Thompson, L. A. (2007). Predicting academic achievement with cognitive ability. *Intelligence*, 35(1), 83–92.
<http://doi.org/10.1016/j.intell.2006.05.004>
- Rourke, B. P., & Finlayson, M. A. J. (1978). Neuropsychological significance of variations in patterns of academic performance: Verbal and visual-spatial abilities. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 6(1), 121–133.

<http://doi.org/10.1007/BF00915788>

- Sénéchal, M. (2006). Testing the Home Literacy Model: Parent Involvement in Kindergarten Is Differentially Related to Grade 4 Reading Comprehension, Fluency, Spelling, and Reading for Pleasure. *Scientific Studies of Reading, 10*(1), 59–87.
- Sénéchal, M., & LeFevre, J.-A. (2002). Parental involvement in the development of children's reading skill: A five-year longitudinal study. *Child Development, 73*(2), 445–460.
- Shea, D. L., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2001). Importance of assessing spatial ability in intellectually talented young adolescents: A 20-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology, 93*(3), 604–614. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.604>
- Shutts, K., Rnkloo, H., Von Hofsten, C., Keen, R., & Spelke, E. S. (2009). Young Children's Representations of Spatial and Functional Relations Between Objects. *Child Development, 80*(6), 1612–1627.
- Silverman, I., & Eals, M. (1992). Sex differences in spatial abilities: Evolutionary theory and data. In J. H. Barkow, L. Cosmides, & J. Tooby (Eds.), *The adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture* (pp. 533–549). New York: Oxford University Press.
- Skwarchuk, S.-L., Sowinski, C., & LeFevre, J.-A. (2014). Formal and informal home learning activities in relation to children's early numeracy and literacy skills: The development of a home numeracy model. *Journal of Experimental Child Psychology, 121*, 63–84. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.11.006>

- Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, *10*(1), 89–96. <http://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00569.x>
- Stieff, M., & Uttal, D. (2015). How Much Can Spatial Training Improve STEM Achievement? *Educational Psychology Review*, *27*(4), 607–615. <http://doi.org/10.1007/s10648-015-9304-8>
- Tosto, M. G., Hanscombe, K. B., Haworth, C. M. A., Davis, O. S. P., Petrill, S. A., Dale, P. S., ... Kovas, Y. (2014). Why do spatial abilities predict mathematical performance? *Developmental Science*, *17*(3), 462–470. <http://doi.org/10.1111/desc.12138>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, *139*(2), 352–402. <http://doi.org/10.1037/a0028446>
- Uttal, D. H., Miller, D. I., & Newcombe, N. S. (2013). Exploring and enhancing spatial thinking: Links to achievement in science, technology, engineering, and mathematics? *Current Directions in Psychological Science*, *22*(5), 367–373. <http://doi.org/10.1177/0963721413484756>
- Van Dijck, J.-P., Gevers, W., & Fias, W. (2009). Numbers are associated with different types of spatial information depending on the task. *Cognition*, *113*, 248–253. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.08.005>
- Vasta, R., Regan, K. G., & Kerley, J. (1980). Sex differences in pattern copying: spatial cues or motor skills? *Child Development*, *51*(3), 932–934. <http://doi.org/10.2307/1129491>

- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Filipowicz, A. T., & Chang, A. (2014). Deconstructing Building Blocks: Preschoolers' Spatial Assembly Performance Relates to Early Mathematical Skills. *Child Development*, 85(3), 1062–1076. <http://doi.org/10.1111/cdev.12165>
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250–270.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. <http://doi.org/10.1037/a0016127>
- Webb, R. M., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2007). Spatial ability: A neglected dimension in talent searches for intellectually precocious youth. *Journal of Educational Psychology*, 99(2), 397–420. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.99.2.397>
- Weinberger, J. (1996). A longitudinal study of children's early literacy experiences at home and later literacy development at home and school. *Journal of Research in Reading*, 19(1), 14–24. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9817.1996.tb00083.x>
- Wolfgang, C. H., Stannard, L., & Jones, I. (2001). Block play performance among preschoolers as a predictor of later school achievement in mathematics. *Journal of Research in Childhood Education*, 15(2), 173–180. <http://doi.org/10.1080/02568540109594958>
- Wolfgang, C. H., Stannard, L., & Jones, I. (2003). Advanced constructional play with

LEGOs among preschoolers as a predictor of later school achievement in mathematics. *Early Child Development and Care*, 173(5), 467–475.

<http://doi.org/10.1080/02568540109594958>

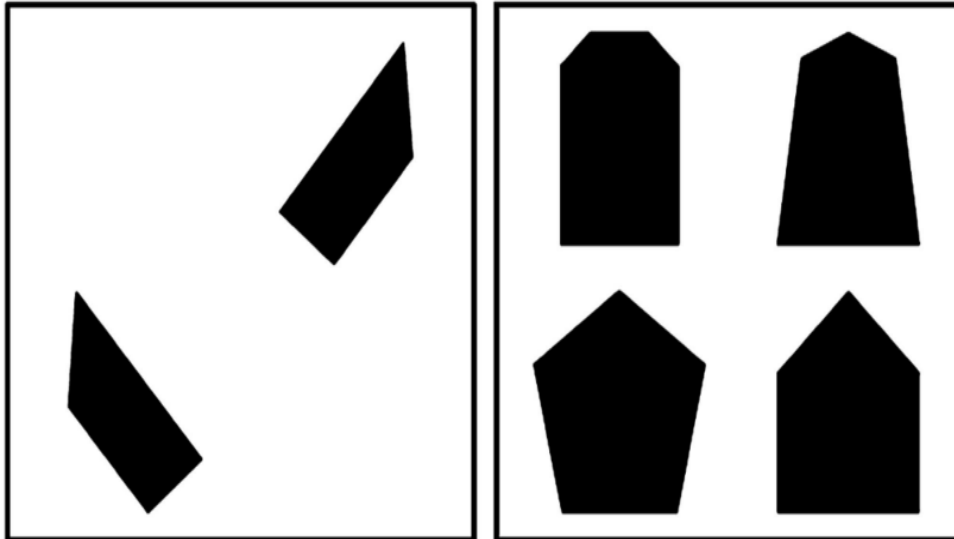


Figura 1. Ejemplo de ítem del Children's Mental Transformation Task (CMTT).

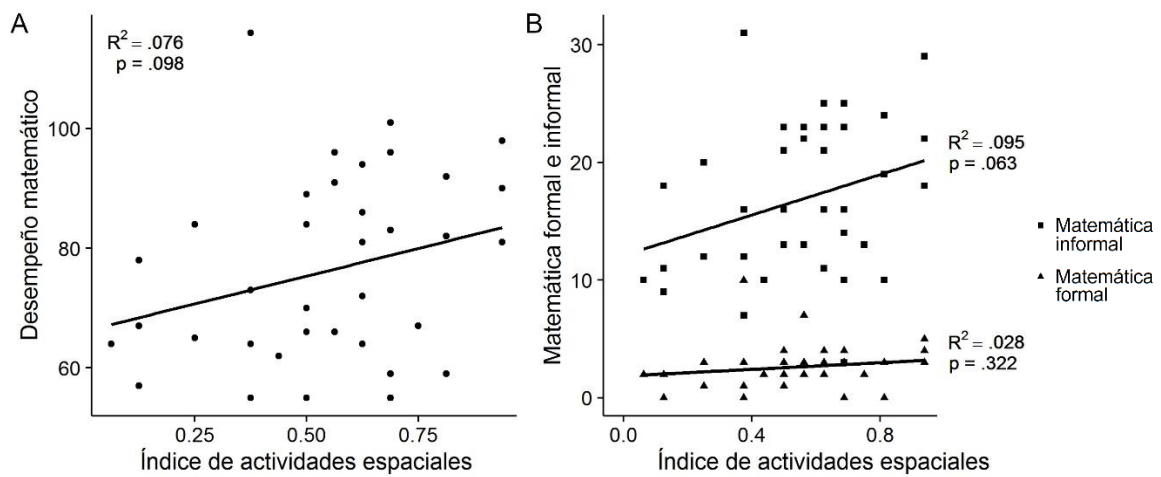


Figura 2. Regresiones lineales de competencia matemática en función del índice de actividades espaciales. A) desempeño matemático general (medido por el TEMA-3) en función del índice de actividades espaciales B) desempeño matemático en ítems de matemática formal e informal.

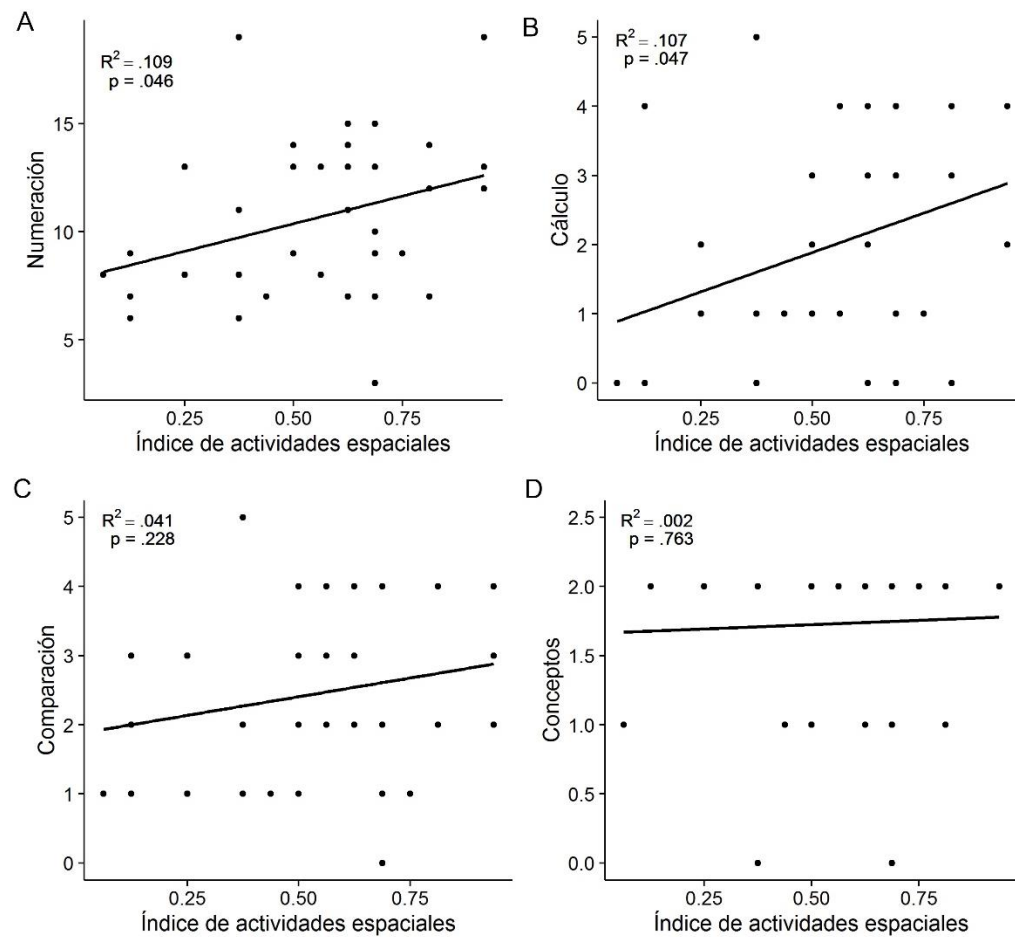


Figura 3. Regresiones lineales en función del índice de actividades espaciales de los constructos matemáticos: cálculo (A), numeración (B), comparación (C) y conceptos (D) medidos mediante la clasificación propia del TEMA-3.

Tabla 1

Medias (desviación estándar) y rangos de medidas (N = 37)

Medidas	M (SD)	Rango
Índice de actividades espaciales en la casa (cuestionario a padres)	.55 (.23)	0-1
Transformación Mental (CMTT, ítems correctos de 32)	16.46 (5.44)	0-32
Desempeño matemático (índice de competencia matemático TEMA-3)	76.24 (15.60)	55-150
Desempeño matemático formal (puntaje directo TEMA-3)	2.62 (1.96)	0-31
Desempeño matemático informal (puntaje directo TEMA-3)	16.81 (6.48)	0-41

Tabla 2*Correlaciones entre variables*

Variables	1	2	3	4	5
1. Transformación Mental (CMTT)	-				
2. Índice de actividades espaciales en la casa	.334*	-			
3. Desempeño matemático	.504**	.276	-		
4. Desempeño matemático formal	.332*	.167	.829**	-	
5. Desempeño matemático informal	.527**	.308	.935**	.798**	-

Nota: * $p < .05$; ** $p < .01$

Apéndice

Actividad	Nunca	A veces	Siempre
Ordenar cosas por tamaño, color o forma			
Dibujar figuras uniendo números			
Juegos de mesa			
Juegos de bloques			
Armar puzles			
Juegos de encastre			
Identificar figuras geométricas			
Medir			

Figura A. Cuestionario de frecuencia de actividades espaciales realizado a padres.