

DIFERENCIAS DE GÉNERO EN ARITMÉTICA Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON MANIPULATIVOS VIRTUALES DE 5 A 8 AÑOS

Carlos de Castro y Belén Palop

Estudiamos el uso de un manipulativo y el porcentaje de acierto en tareas de suma, resta y resolución de problemas con un rekenrek virtual, según el tipo de tarea, operación, género y edad. En un entorno online, recogemos más de 150.000 respuestas de 6.056 alumnos de 5 a 8 años. El análisis con modelos de regresión logística muestra que las niñas usan más el manipulativo, sin encontrarse diferencias significativas en precisión. Los resultados coinciden con la literatura previa: a estas edades, las diferencias de género se dan en la forma de abordar las tareas aritméticas y los problemas.

Términos clave: Aritmética; Diferencias de género; Educación matemática; Educación primaria; Materiales manipulativos virtuales

Gender differences in arithmetic and problem solving with virtual manipulatives in children aged 5 to 8 years

We studied the use of manipulatives and accuracy rates in addition, subtraction, and problem-solving tasks with a virtual rekenrek, according to task type, operation, gender, and age. In an online environment, we collected over 150,000 responses from 6,056 students aged 5 to 8 years. Logistic regression analysis shows that girls use the manipulative more often, with no significant differences in accuracy. The results are consistent with previous literature: at these ages, gender differences emerge in the way children approach arithmetic tasks and word problems.

Keywords: Arithmetic; Gender differences; Mathematics education; Early childhood education; Virtual manipulatives.

Diferenças de género na aritmética e resolução de problemas com manipulativos virtuais em crianças dos 5 aos 8 anos

Estudámos o uso de um material manipulativo e a percentagem de acerto em tarefas de adição, subtração e resolução de problemas com um rekenrek virtual, dependendo do tipo de tarefa, operação, género e idade. Num ambiente online, recolhemos mais de 150.000 respostas de 6.056 alunos dos 5 aos 8 anos. A análise com modelos de regressão logística mostra que as raparigas usam mais o manipulativo, sem encontrar diferenças significativas na precisão. Os resultados estão de acordo com a literatura anterior: nestas idades, as diferenças de género surgem na forma de abordar as tarefas aritméticas e os problemas.

Palavras-chave: Aritmética; Diferenças de género; Educação matemática; Ensino primário; Manipuladores virtuais

Los materiales manipulativos han sido un ingrediente indispensable en todas las reformas de la enseñanza de las matemáticas en los últimos 50 años. Su aparición, en los años 70 y 80, se alineaba con diferentes teorías y autores de gran prestigio en el ámbito educativo, como Montessori, Piaget, Bruner, Dienes o Skemp (Fennema, 1972; McNeil y Jarvin, 2007). Los manipulativos llegaron acompañados por un entusiasmo generalizado y por numerosas publicaciones que recogían resultados de investigación, reflexiones y recursos para el aula. Muy pronto, la investigación comenzó a refrendar el uso de manipulativos. Un metaanálisis de 1989 ya concluía que las intervenciones con manipulativos en Educación Primaria, de al menos un curso de duración, producían efectos significativos de tamaño medio y alto al compararse con una enseñanza simbólica (Sowell, 1989).

Metaanálisis posteriores sobre la eficacia de los manipulativos en el aprendizaje de las matemáticas han seguido encontrando efectos positivos, de tamaño pequeño y medio, aunque no son concluyentes. Se sabe que el uso de manipulativos debe estudiarse junto con otras variables, como la riqueza perceptiva de los manipulativos, que puede llegar a convertirse en un obstáculo para el aprendizaje (McNeil y Jarvin, 2007), o el nivel de guía ofrecido a los alumnos en su uso (Carbonneau et al., 2013). Además, las analogías que permiten los manipulativos deben apoyarse facilitando al alumnado un apoyo cognitivo que permita sacar provecho de dichas analogías (Richland et al., 2007). Otras condiciones para que el uso de manipulativos sea efectivo son: (1) conectar el uso de manipulativos con las ideas matemáticas; (2) un uso extenso, pero no demasiado prolongado; y (3) fomentar la transición de la manipulación hacia representaciones más abstractas (Hodgen et al., 2018). Por último, siempre es factor clave la formación y actitud de los maestros. Algunos muestran dificultades para

representar con ellos conceptos matemáticos o creen que los manipulativos son divertidos, pero no necesarios para aprender matemáticas (Moyer, 2001).

El uso de manipulativos ha tenido también sus “fracasos” en estudios. Fennema (1972) compara el aprendizaje de la multiplicación con un enfoque simbólico y con regletas de Cuisenaire y encuentra que el modelo de enseñanza simbólico produce puntuaciones superiores al manipulativo en transferencia y en la extensión del concepto. Posteriormente, un hallazgo de la investigación ha sido que la precisión del uso de manipulativos depende, en gran medida, del tipo de tarea que se plantea con ellos (Tournaki et al., 2008). Baroody (2017) enfatiza que lo esencial no son los manipulativos sino las experiencias concretas, incluyendo analogías verbales o imágenes virtuales, para lograr la conexión del conocimiento informal con el formal. Sarama y Clements (2016) recogen críticas teóricas a algunas creencias sobre los manipulativos señalando que existe un malentendido en la distinción entre concreto y abstracto, y subrayan que la manipulación también requiere reflexión.

Por otra parte, la tecnología lleva tiempo impactando en la Educación Matemática a través de recursos de una gran diversidad y en diferentes edades. Moyer-Packenham y Westenskow (2013) concluyen que el uso de manipulativos virtuales produce efectos moderados en el rendimiento matemático. Aunque parezca contraintuitivo, los manipulativos virtuales pueden resultar tan significativos para los alumnos como los físicos, por ser representaciones incluso más manejables, “limpias” y flexibles (Sarama y Clements, 2016). Entre los aspectos a reseñar en el aprendizaje matemático con manipulativos virtuales en un entorno online, que extraemos de investigaciones recientes, es necesario atender: (1) el grado de contextualización del manipulativo virtual, donde una mayor contextualización del manipulativo virtual no implicaba un mejor aprendizaje, como se vio en el estudio de Bajwa y Perry (2021) sobre tareas de igualdad con tres balanzas numéricas virtuales diferentes en primeros cursos de Primaria, (2) la forma diferente de “tocar” en ambos contextos, con el estudio de Baccaglini y Maracci (2015), que identifican estrategias infantiles en tareas numéricas, en una aplicación en un dispositivo de pantalla táctil, en función del número de dedos que apoyan los niños sobre la pantalla, encontrando posibles conexiones con la subitización, la relación parte-todo, la estimación de numerosidades y con diversas variantes del conteo; y (3) la importancia que tienen aspectos que no se suelen recoger en los entornos online, como las verbalizaciones espontáneas de los niños mientras manipulan virtualmente, como se vio en el estudio sobre la adquisición del concepto de decena en primer curso de Primaria (Flevaris et al., 2022).

La investigación en aritmética y las diferencias de género en el uso de estrategias y manipulativos

El uso de manipulativos como el *rekenrek*, empleados en operaciones aritméticas, puede enmarcarse en el ámbito más amplio del aprendizaje de la aritmética y la resolución de problemas aritméticos verbales. A principios de los años 80, dentro

de las investigaciones sobre problemas aritméticos verbales, se alcanzó un consenso en categorizar las estrategias infantiles en problemas aritméticos de suma y resta en: (1) *modelización directa*, representando las cantidades del enunciado con objetos o dedos y contando el resultado; (2) *conteo*, utilizando la secuencia de conteo a partir de uno de los datos del enunciado; y (3) *hechos numéricos*, que pueden ser *básicos*, con la recuperación de la memoria del resultado de la operación, o *derivados*, deduciendo unos hechos numéricos de otros (Carpenter y Moser, 1984).

Otro acuerdo alcanzado en estas investigaciones fue relativo a la progresión en el desarrollo de las estrategias. Carpenter y Moser (1984) indicaban que “las estrategias de conteo son más eficientes y requieren habilidades de conteo más sofisticadas que la modelización directa” (p. 182). Para estos autores, las estrategias de modelización directa son más concretas y las de conteo más abstractas. Además, su estudio longitudinal de tres años de duración, de primer curso a tercero de primaria, confirmaba que, con el paso de la escolaridad, las estrategias de modelización directa iban dejando paso a las de conteo y uso de hechos numéricos. En esta línea, y resumiendo las investigaciones de las décadas de los 80 y 90, Verschaffel et al. (2007) asumen que el desarrollo se produce desde las estrategias de conteo tempranas, de contar todo con objetos (modelización directa), pasando por varios tipos de estrategias de conteo progresivamente más simplificadas, sin objetos, y contando a partir del primero o del mayor, hasta el estado final de dominio de hechos. Sarama y Clements (2009), al describir las progresiones del desarrollo dentro de la trayectoria de aprendizaje de la iniciación a la aritmética, sitúan las estrategias de modelización directa en torno a los 4-5 años, las de conteo sobre los 5-6 y el uso flexible de estrategias incluyendo los hechos numéricos a los 7 años.

Veinte años de hallazgos sólidos en investigaciones sobre las estrategias en aritmética y resolución de problemas y sobre la progresión en su desarrollo, dieron lugar a nuevos estudios que abordaron, entre otros temas, las diferencias de género. Carr y Jessup (1997) y Fennema et al. (1998) encontraron diferencias de género en aritmética, al inicio de la Educación Primaria. Los niños utilizan a estas edades estrategias más avanzadas, de uso de hechos numéricos, mientras que las niñas utilizan más estrategias concretas, basadas en el uso de manipulativos y el conteo. Ambrose (2002) advertía del potencial riesgo a largo plazo de que las niñas abusaran del uso de manipulativos, mantuvieran su uso más allá de lo necesario, no evolucionaran hacia estrategias más sofisticadas y quedaran estancadas en estrategias concretas. Este mayor uso de estrategias manipulativas y concretas podría deberse a que las niñas tratan de ajustarse a las expectativas de sus maestros, y a lo que enseñan en clase, lo cual explicaría también el mayor uso en tercer curso de los algoritmos escritos frente a estrategias inventadas (Fennema et al., 1998). El riesgo consistiría en que las niñas no desarrollen con plenitud su flexibilidad en el uso de estrategias y su comprensión conceptual en matemáticas (Ambrose, 2002).

Estas ideas sobre las diferencias de género al inicio de la Educación Primaria en el uso de estrategias de cálculo han influido en estudios posteriores que han tratado de: (a) replicar estos resultados en otros países; (b) ver si estas diferencias podían detectarse ya desde la Educación Infantil; (c) encontrar causas para las diferencias (como las habilidades espaciales, rasgos de temperamento, o la influencia de adultos cercanos); o (d) examinar qué efecto podrían tener a medio o largo plazo. Vemos a continuación los resultados principales de algunos de estos estudios:

- ◆ En estudios de réplica, las niñas utilizaron más estrategias de conteo y menor recuperación de hechos numéricos en primeros cursos de Primaria (N=147 y N=83) en Dinamarca (Sunde et al., 2020). Shen et al. (2016) comparan la precisión y las estrategias de alumnos de Estados Unidos, Rusia y Taiwán en cálculos simples, con un dígito, y complejos, con dos. En los simples, no hubo diferencias de género en rendimiento en ningún país, pero sí en el uso de estrategias; en los cálculos complejos, en Taiwán no hay diferencias de género en estrategias ni en precisión, pero en Estados Unidos y en Rusia sí las hubo en estrategias, así como en precisión.
- ◆ Ginsburg y Pappas (2004) no encontraron diferencias de género en matemáticas, ni en el rendimiento ni en uso de estrategias con 4 y 5 años. Sin embargo, Jordan et al. (2007) sí hallaron en estas edades y en primero de Primaria, una pequeña diferencia de género en sentido numérico a favor de los niños. Hutchison et al. (2019) reportan diferencias de género (N=1391; 6-13 años) en el conteo de 1 a 9 objetos en primer grado, a favor de las niñas, y en tareas de estimación en la recta numérica en todos los cursos, a favor de los niños.
- ◆ Se han atribuido las diferencias de género en el uso de estrategias de cálculo más eficientes a que estas requieren habilidades espaciales, asociadas a la recuperación de hechos numéricos y la descomposición, mientras que las habilidades verbales predicen solo la descomposición. Además, las estrategias de conteo están relacionadas negativamente con las habilidades espaciales (Laski et al., 2013). Al estudiar la relación entre rasgos del temperamento, como la impulsividad y la inhibición, y el uso y la precisión de las estrategias de cálculo, se ha reportado que los niños más impulsivos utilizaban menos la recuperación de hechos numéricos, mientras que las niñas más inhibidas tenían una menor precisión en los cálculos (Davis y Carr, 2002). Hornburg et al. (2017) no hallaron diferencias significativas de género en cálculo, con alumnado de 2º y 3º grado de Primaria, pero sí observaron una tendencia en las niñas al uso de estrategias que parecían reflejar una mayor predisposición a emplear los algoritmos enseñados por sus profesores. También se ha investigado la relación entre las estrategias infantiles y las reacciones de los adultos ante dichas estrategias, incluyendo familiares y profesores. Los profesores reaccionaban más positivamente

ante estrategias más eficientes, con menor uso de modelización y conteo, que son más empleadas por los niños (Carr y Jessup, 1997, y Carr et al., 1999).

- ◆ Casey et al. (2017) encontraron, con niñas de primer curso de primaria, que el uso de estrategias de descomposición en cálculos, junto con las destrezas espaciales, eran ya buenos predictores del nivel de razonamiento matemático en quinto de Primaria. El estudio de Bailey et al. (2012) plantea una tentativa de explicación para la evolución de las diferencias de género en cálculo a lo largo de la Educación Primaria. En primer curso, los niños muestran mayor tendencia a usar la recuperación de hechos numéricos que las niñas, pero no se encuentran diferencias en rendimiento. Durante la Educación Primaria, las niñas van aumentando las estrategias de recuperación de hechos numéricos, pero siempre en frecuencia por debajo de los niños y recurriendo a estrategias de conteo que son más precisas, para evitar errores, mientras que su precisión en la recuperación se estabiliza. Los niños van aumentando su precisión en las estrategias de recuperación a lo largo de la Educación Primaria y, al final de esta, superan a las niñas en el rendimiento en cálculo, debido a su mayor precisión y uso de la recuperación.

Objetivo

En esta investigación analizamos datos de una plataforma online para la enseñanza de las matemáticas (*Smartick*). El objetivo es estudiar, con alumnado de 5 a 8 años, el uso de un manipulativo virtual (*rekenrek*) y la precisión en función del tiempo de escolarización, el tipo de tarea, la operación (suma o resta) y el género.

MÉTODO

Este estudio se enmarca en un diseño observacional transversal retrospectivo, basado en la recolección de datos de interacciones de estudiantes con una plataforma digital para la enseñanza de matemáticas, durante los 18 meses anteriores al estudio.

Participantes

En el estudio, se recogen datos de 6056 estudiantes, con edades comprendidas entre 5 y 8 años, escolarizados en el último curso de la Educación Infantil o en uno de los dos primeros de Educación Primaria. La mayoría de los datos fueron recogidos mientras los alumnos cursaban primero de Educación Primaria (alrededor de 6 años).

Con el fin de minimizar sesgos en la estimación de efectos y garantizar la homogeneidad de la muestra, se establecieron criterios de inclusión que consideraron tanto el perfil del alumnado como su desempeño en la plataforma. En primer lugar, solo se incluyeron estudiantes neurotípicos, según la información

proporcionada por sus tutores en el momento del registro. Además, para evitar que los resultados estuvieran influenciados por casos atípicos, se seleccionó un subconjunto de datos entre los percentiles 10 y 90 del número total de intentos por estudiante, excluyendo aquellos con desempeños excepcionalmente altos o con dificultades significativas que requerían un elevado número de repeticiones para completar las tareas.

La plataforma y las tareas

Los participantes son usuarios de *Smartick* (plataforma con suscripción de pago) en la que realizan sesiones diarias de 15 minutos. En cada sesión, los alumnos reciben actividades personalizadas, organizadas en trayectorias de aprendizaje, diseñadas atendiendo a los hitos del desarrollo del pensamiento matemático (Sarama y Clements, 2009). La plataforma asigna dinámicamente cada tarea a los estudiantes mediante un sistema de aprendizaje adaptativo, en función de su desempeño previo.

Previamente a la realización de las tareas presentes en este estudio, los participantes habían superado, en la evaluación inicial o a través de sesiones, contenidos correspondientes a: (1) conteo hasta 10 objetos, (2) subitización hasta 10 con el *rekenrek* y (3) sumas y restas hasta 10, planteadas de forma simbólica, con la posibilidad de modelizar las operaciones con cubos.

Para estudiar la relación entre el uso y la eficacia de los manipulativos y el tipo de tarea, hemos considerado tres contextos para las tareas: problemas aritméticos verbales; problemas aritméticos contextualizados en el uso de un *rekenrek* y operaciones aritméticas descontextualizadas, planteadas de forma simbólica. En la Figura 1, vemos la tarea en la que se plantea un problema aritmético verbal de cambio creciente con incógnita en la cantidad final (cambio 1). También aparecen problemas de cambio decreciente con incógnita en la cantidad final (cambio 2). Estas dos son categorías semánticas de problemas aritméticos verbales muy sencillas, recomendadas para último curso de Educación Infantil (Sarama y Clements, 2009).

El manipulativo que utilizamos es una versión virtual (ver Figura 1) del *rekenrek*, material desarrollado por Adrian Treffers como modelo visual para el aprendizaje del cálculo (Tournaki et al., 2008). En todo momento, los alumnos pueden utilizar el *rekenrek* virtual y deben escribir la respuesta en el círculo inferior. El problema tiene una locución que se puede escuchar haciendo clic en el icono del altavoz. Los otros dos contextos se presentan en una pantalla análoga a la de la Figura 1, y las tareas se diferencian solamente en el área de pantalla del enunciado. En los problemas de *rekenrek*, el texto dice: “Si marcas el 7 en el *rekenrek* y después añades 2 cuentas, ¿qué número marcará?”. En el caso del problema de cambio decreciente, aparece la palabra “quitas” en lugar de “añades”. Finalmente, en las tareas simbólicas, figuran las operaciones $7 + 2$ o $7 - 2$, según se trate de una suma o una resta.

El *rekenrek* está presente en la pantalla en todas las tareas y los niños son libres de interactuar con él o no. Consideramos que la herramienta se ha utilizado cuando se produce alguna interacción con ella. Esto no implica necesariamente que la respuesta se haya elaborado con el *rekenrek*. Ante una tarea de $3 + 5$, se podría hacer clic en alguna cuenta del manipulativo y, finalmente, hacer la operación contando con los dedos o recuperar de la memoria un hecho numérico. Todos los participantes tienen familiaridad con el *rekenrek* al haber superado previamente, con este manipulativo, la trayectoria de aprendizaje para la subitización.



Figura 1. Contexto de problema verbal que se resuelve con la suma $7 + 2$

Diseño y procedimiento

Se han recogido de la plataforma 214884 registros de tareas, resueltos por 6056 alumnos con edades comprendidas entre 5 y 8 años, durante un periodo de 18 meses. La muestra final utilizada en el análisis comprende 156849 registros. El estudio se estructura en dos análisis consecutivos mediante modelos de regresión logística con efectos mixtos, con el objetivo de probar las siguientes hipótesis:

1. Primer análisis (Hipótesis 1): La probabilidad de uso del *rekenrek* (Y_1) depende del contexto de la tarea (X_4), la operación aritmética (X_3), el género del estudiante (X_1) y su nivel de escolarización (X_2).
2. Segundo análisis (Hipótesis 2): La precisión en la tarea (Y_2) está influenciada por el uso del *rekenrek* (Y_1) y las variables explicativas (X_1, X_2, X_3, X_4).

Las variables utilizadas en ambos análisis son:

- Y_1 (Uso del *rekenrek*): variable binaria, indica si el estudiante utilizó el *rekenrek* en la tarea (1 = sí, 0 = no).
- Y_2 (Precisión en la tarea): variable binaria, indica si la respuesta del estudiante fue correcta (1 = correcta, 0 = incorrecta).
- X_1 (Género): Variable dicotómica, codificada como 1 = femenino, 0 = masculino.

- X_2 (Escolarización): Variable continua, representa el número de trimestres desde el inicio del último curso de Educación Infantil.
- X_3 (Operación aritmética): Variable dicotómica, codificada como 1 = resta, 0 = suma.
- X_4 (Contexto de la tarea): Variable categórica con tres niveles (simbólico, problema verbal, problema con *rekenrek*). Se utilizará una codificación de efectos con la tarea con *rekenrek* como categoría de referencia.

Las estadísticas descriptivas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1
Estadísticas descriptivas de la muestra

Variable	Descripción	Valor
Número de estudiantes	Total de participantes en el estudio	6056 (3108 niños, 2948 niñas)
Género (X_1)	Proporción en la muestra	51,3% niños y 48,7% niñas
Escolarización (X_2)	Trimestres desde el inicio del último curso de Educación Infantil (Media $\pm$ SD)	7,8 $\pm$ 3,02 trimestres
Operación aritmética (X_3)	Distribución de tareas según el tipo de operación	75361 sumas (48%) y 81488 restas (52%)
Contexto de la tarea (X_4)	Distribución de tareas según el tipo de problema	36553 <i>rekenrek</i> (23%), 70292 simbólico (45%), 50004 verbal (32%)
Uso del <i>rekenrek</i> (Y_1)	Tareas en las que se usó el manipulativo virtual	66610 (58%)
Precisión en la tarea (Y_2)	Respuestas correctas	135449 (86%)

Método de análisis

El análisis cuantitativo se realizó utilizando R versión 4.0.5 en el entorno basado en la nube *posit.cloud* con los paquetes *ggeffects* y *lme4*. Se implementaron dos modelos de regresión logística con efectos mixtos para estudiar, de forma consecutiva, los factores que influyen en el uso del *rekenrek* (Y_1) y en la precisión en la tarea (Y_2).

Dado que un mismo estudiante podía completar múltiples tareas dentro del conjunto de datos, los modelos incluyeron efectos aleatorios a nivel de estudiante para corregir la falta de independencia en las observaciones.

El modelo se ajustó incluyendo inicialmente todas las variables mencionadas y se descartaron aquellas que no resultaron estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Además, se probaron interacciones entre las variables explicativas para evaluar posibles efectos combinados sobre las relaciones estudiadas. Se seleccionaron aquellas interacciones que mostraban una posible influencia significativa, manteniendo el principio de parsimonia en la construcción del modelo. La inclusión de interacciones se realizó buscando un equilibrio entre mejorar la capacidad explicativa del modelo y evitar una complejidad excesiva que pudiera dificultar la interpretación de los resultados.

RESULTADOS

Uso del *rekenrek*

En una primera aproximación a los factores que afectan el uso del *rekenrek* (Y_1), elaboramos un modelo utilizando las variables género (X_1), escolaridad (X_2), operación (X_3) y contexto (X_4). La tabla 2 muestra los resultados de la regresión logística para este modelo.

Tabla 2

Coefficientes, errores estándar, odds y p-valores para el modelo de efectos mixtos $Y_1 \sim X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + (1|IDalumno)$

Efecto	Estimación	Error Estándar	Odds	p
(Intercept)	0,900	0,047	2,46	<0,001***
Género (Femenino)	0,647	0,063	1,91	<0,001***
Contexto (Simbólico)	-0,980	0,027	0,38	<0,001***
Contexto (Problema verbal)	-0,670	0,021	0,51	<0,001***
Operación (Resta)	0,117	0,014	1,12	<0,001***
Escolaridad	0,013	0,019	1,01	0,499

Nota: El grupo de referencia para el género es el masculino, para el contexto son los problemas de *rekenrek* y para la operación es la suma.

*** $p < 0,001$. ** $p < 0,01$. * $p < 0,05$.

Para obtener un modelo con mejor ajuste, eliminamos la variable escolaridad (X_2), dado su alto valor p y su bajo coeficiente, lo que significa que el uso del *rekenrek* no se ve afectado significativamente por el trimestre que se está cursando. Por otro lado, el alto impacto del tipo de tarea en el uso del *rekenrek*, sugiere añadir la interacción entre el contexto (X_4) y la operación implícita en la tarea (X_3). La adición de otras interacciones también se ha probado, en aras de la exhaustividad, sin más resultados significativos. La tabla 3 resume los resultados del modelo,

donde todas las variables e interacciones tienen un efecto significativo en el uso del *rekenrek*.

Los resultados muestran el siguiente modelo de regresión logística:

Predicción (Uso del *rekenrek*) = $0,794 + 0,648 * (\text{género}) - 0,874 * (\text{Simbólico}) - 0,474 * (\text{Problemas verbales}) + 0,364 * (\text{Resta}) - 0,245 * (\text{Simbólico y Resta}) - 0,427 * (\text{Problemas verbales y Resta})$.

Tabla 3

*Coeficientes, errores estándar, odds y p-valores para el modelo de efectos mixtos $Y_1 \sim X_1 + X_3 * X_4 + (1|IDalumno)$*

Efecto	Estimación	Error Estándar	Odds	p
(Intercept)	0,794	0,049	2,21	<0,001***
Género F	0,648	0,062	1,91	<0,001***
Contexto (Simbólico)	-0,874	0,032	0,42	<0,001***
Contexto (Problema verbal)	-0,474	0,027	0,62	<0,001***
Operación (Resta)	0,364	0,029	1,44	<0,001***
Simbólico: Resta	-0,245	0,037	0,78	<0,001***
Problema verbal: Resta	-0,427	0,038	0,65	<0,001***

Nota: El grupo de referencia para el género es el masculino, para el contexto son los problemas de *rekenrek* y para la operación es la suma.

***p<0,001. **p<0,01. *p<0,05.

En la tabla 3, cuya representación gráfica observamos en la Figura 1, incluyendo los intervalos de confianza al 95%, el caso base es un niño de 6 años que realiza una suma para un problema de *rekenrek*. El coeficiente de 0,648 para el género (X_1) indica que las niñas tienen casi el doble ($e^{0,648} = 1,91$ veces más) de probabilidades que los niños de utilizar el *rekenrek*. Este efecto es similar en tamaño para todas las tareas, independientemente del contexto y la operación.

El contexto (X_4) de la tarea juega un papel claro en el uso del *rekenrek*. El manipulativo se utiliza más en los problemas *rekenrek*, seguido de los problemas aritméticos verbales, y es menos utilizado al resolver tareas simbólicas.

Con respecto a la variable operación (X_3), se observa un efecto de interacción con el contexto (X_4) (Figura 2). Para los problemas de *rekenrek*, la probabilidad de que los niños usen el *rekenrek* en situaciones que implican restas son un 44% más altas que para las sumas. Este efecto no es tan alto para cálculos simbólicos (sólo un 13% mayor al restar). En problemas verbales, la situación se invierte y, al restar, son un 7% menos propensos a utilizar el *rekenrek* que al sumar.

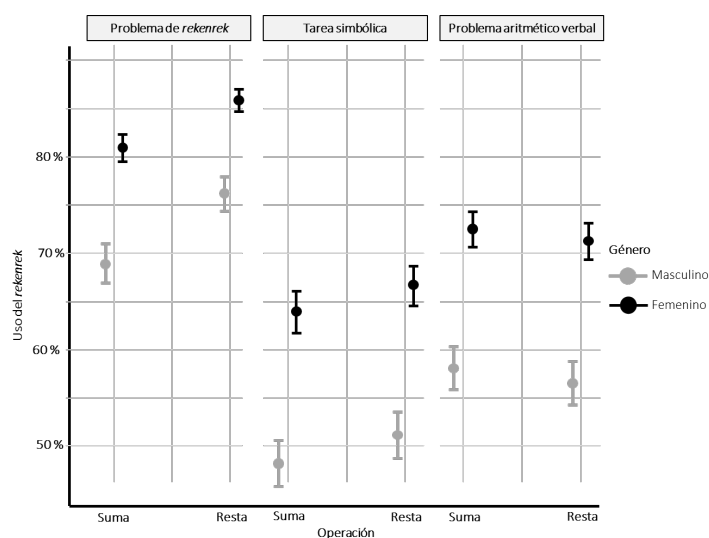


Figura 2. Porcentaje de uso del *rekenrek* según contexto, operación y género

Precisión en las tareas

Tras establecer cómo afectan las variables del estudio al uso del *rekenrek*, analizamos si la precisión en la tarea (Y_2) se ve influenciada por el uso del *rekenrek* (Y_1), junto con las variables género (X_1), contexto (X_4), operación (X_3) y escolarización (X_2). La Tabla 4 muestra los resultados de la regresión logística inicial, donde se consideran las cinco variables sin interacciones.

Tabla 4

Coeficientes, errores estándar, odds y p-valores para el modelo de efectos mixtos $Y_2 \sim Y_1 + X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + (1|IDalumno)$.

Efecto	Estimación	Error Estándar	Odds	p
(Intercept)	1,313	0,027	3,71	<0,001***
<i>Rekenrek</i> (usa)	0,543	0,018	1,72	<0,001***
Género (Femenino)	0,015	0,028	1,01	0,600
Escolaridad	-0,109	0,013	0,90	<0,001***
Contexto (Simbólico)	0,562	0,027	1,75	<0,001***
Contexto (Problema verbal)	0,616	0,021	1,85	<0,001***
Operación (Resta)	0,051	0,016	1,05	0,002

Nota: La referencia para la variable uso del *rekenrek* es el grupo que no lo usa; para el género, la referencia es el masculino, para el contexto son los problemas de *rekenrek*, y para la operación, la suma. *** $p < 0,001$. ** $p < 0,01$. * $p < 0,05$.

El primer resultado que podemos confirmar en la Tabla 4 es que el género no influye en el porcentaje de acierto en las tareas, a pesar de que sí habíamos

observado diferencias de género en el uso del *rekenrek*. Para profundizar en el análisis de la variable género, en la regresión logística sobre los datos, realizamos una exploración más detallada de su efecto en los resultados. La Figura 3 muestra las tasas de respuestas correctas esperadas frente al uso esperado de *rekenrek*. Si comparamos las tareas por según la operación o el contexto, observamos que están aproximadamente en la misma horizontal (misma tasa de éxito), mientras que el uso de la herramienta por parte de las niñas es consistentemente mayor en todos los casos. Lo que muestra el modelo anterior es que la variable género no tiene suficiente poder para explicar el éxito en la tarea, mientras que el contexto, la escolaridad y el uso del *rekenrek* sí lo tienen.

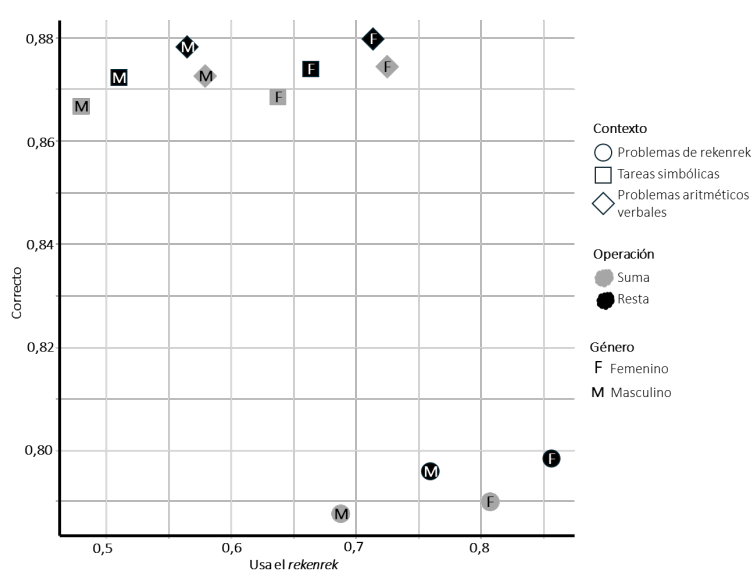


Figura 3. Respuestas correctas frente al uso del *rekenrek* según el contexto, la operación y el género

Del análisis de la sección anterior, sabemos que el uso del *rekenrek* (Y_1) se veía afectado por el contexto (X_4) y la operación subyacente (X_3), por lo que agregamos estas interacciones al modelo, cuyos detalles se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

*Coeficientes, errores estándar, odds y p-valores para el modelo de efectos mixtos $Y_2 \sim Y_1 * X_4 + Y_1 * X_3 + X_2 + (1 | alumnoID)$*

Efecto	Estimación	Error Estándar	Odds	p
(Intercept)	0,865	0,029	2,37	<0,001***
Tarea simbólica	1,197	0,039	3,31	<0,001***
Problema aritmético verbal	1,262	0,037	3,53	<0,001***
Problema de <i>rekenrek</i>	1,170	0,032	3,22	<0,001***
Operación resta	0,268	0,030	1,31	<0,001***
Curso	-0,110	0,014	0,90	<0,001***
Simbólico: No verbal	-1,059	0,042	0,35	0,001***
Verbal: No verbal ¹	-0,698	0,043	0,50	0,001***
Simbólico: Resta	-0,170	0,040	0,84	0,001***

Nota: El grupo de referencia para la variable “uso del *rekenrek*” es el no uso, al que se asigna el valor 0; para la variable “contexto”, la referencia es el *rekenrek*; y para la variable “operación”, la suma. ***p<0,001. **p<0,01. *p<0,05.

Los resultados muestran que el modelo de regresión logística queda:

Predicción (Éxito en la tarea) = 0,865 + 1,170*(*rekenrek*) - 0,110*(escolaridad) + 1,197*(simbólico) + 1,262*(verbal) + 0,268*(resta) - 1,059*(Simbólico y Uso *rekenrek*) - 0,698*(Verbal y Uso *rekenrek*) - 0,170*(Simbólico y Resta) - 0,528*(Verbal y Resta).

A pesar de nuestro interés por mantener el modelo lo más simple posible, todas las variables e interacciones analizadas han tenido un efecto significativo en el éxito de las tareas. Analizamos, a continuación, el significado de estos resultados.

Es interesante comenzar señalando que existe un efecto negativo pequeño, pero significativo, de la variable “escolaridad”. La probabilidad de acertar una tarea en cada trimestre es el 90% de la probabilidad de acertarla durante el trimestre anterior. Esto no significa que los alumnos, con el paso del tiempo, vayan “empeorando” su rendimiento. El sistema asigna los ejercicios en función de los resultados previos de los alumnos. La misma tarea matemática es resuelta antes por los alumnos con mayor capacidad, y después por sus compañeros con una capacidad matemática menor y, también, con una probabilidad de acierto inferior. Abundando en esta explicación, el alumnado que a la edad de 8 años todavía recibe del sistema la asignación de tareas de sumas y restas con números de un dígito, propias de cursos anteriores, han tenido que fallar previamente de forma repetida en estas tareas, lo que explica la ligera disminución de la eficacia general en los niños mayores.

Los efectos del resto de variables y sus interacciones se presentan en la Figura 4 donde se observa una clara dependencia del contexto del problema a resolver. Para el contexto de problemas de *rekenrek*, la probabilidad de responder correctamente son un 30% más altas en las sumas que en las restas. Sin embargo, el efecto más importante es el uso del *rekenrek*, ya que la probabilidad de responder correctamente para los niños que lo usan es más del triple ($e^{1,170} = 3,22$; Tabla 5) que la probabilidad de acertar de los niños que no lo usan.

Cuando las tareas son simbólicas, la probabilidad de responder correctamente al usar el *rekenrek* son un 12% ($e^{(1,170-1,059)} - 1 = 12\%$; Tabla 5) mayores que la probabilidad si no se usa el *rekenrek*. Una vez más, la probabilidad de éxito es ligeramente mayor (un 10%) cuando la operación implicada es de resta ($e^{(0,268-0,170)} - 1 = 10\%$; Tabla 5).

Finalmente, para los problemas aritméticos verbales, el efecto del uso del *rekenrek* es mayor que para las tareas simbólicas, aumentando la probabilidad de éxito en un 60% ($e^{(1,170-0,698)} - 1 = 60\%$; Tabla 5). Al contrario de los casos anteriores, las probabilidades de éxito al realizar las restas son menores que la probabilidad al sumar, siendo las primeras el 77% ($e^{(0,268-0,170)} = 77\%$; Tabla 5) de las segundas.

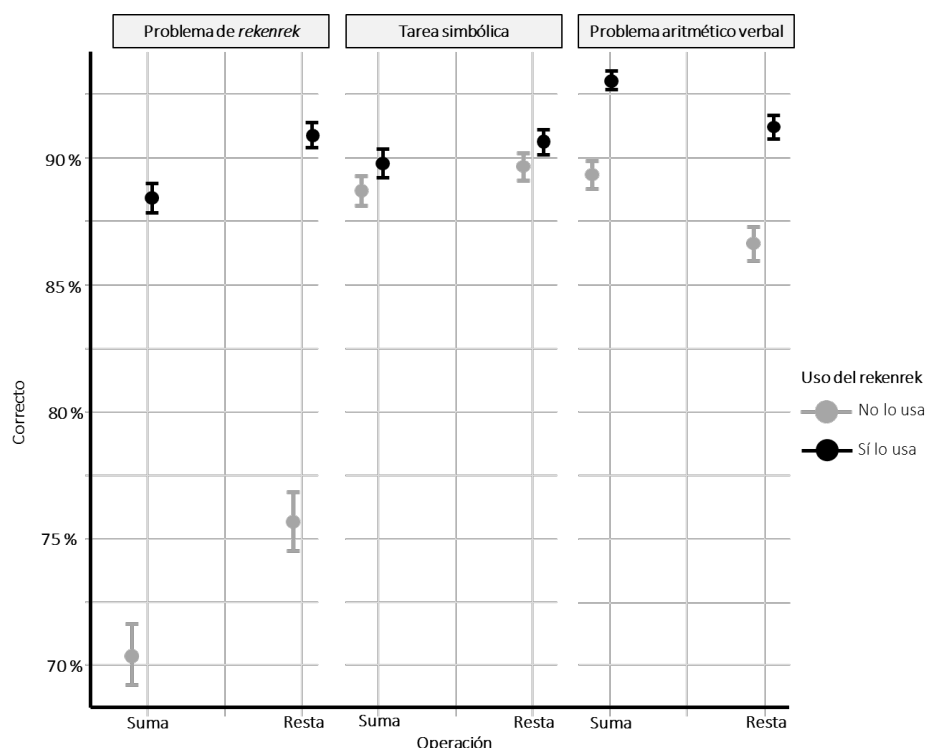


Figura 4. Porcentaje de respuestas correctas según el uso del *rekenrek*, contexto y la operación

El análisis muestra que el uso del *rekenrek* mejora las probabilidades de éxito en las tareas, siendo este efecto más pronunciado en los problemas que incluyen

explícitamente el manipulativo. A pesar de que las niñas tienden a utilizar el *rekenrek* con mayor frecuencia (63,5% frente a 53,8% en niños), la tasa de éxito no presenta diferencias significativas entre géneros. Esto sugiere que el factor determinante en la precisión de la respuesta no es el género, sino el uso del *rekenrek*.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Una primera cuestión, para la discusión, es tratar de situar nuestros resultados en el contexto de la línea de investigación que surgió a finales de los 90 sobre diferencias de género en la aritmética en las primeras edades (Carr y Jessup, 1997; Fennema et al., 1998 y Ambrose, 2002). Fennema et al. (1998) no habían encontrado en su estudio (con 44 niños y 38 niñas de 3 escuelas, de 1.º a 3.º de Educación Primaria) diferencias de género en resolución de problemas, pero sí hallaron diferencias fuertes y consistentes en el uso de estrategias. Las niñas utilizaban estrategias más concretas y menos eficientes (modelización y conteo); las de los niños eran más abstractas, con uso de hechos numéricos básicos y derivados. En tercer curso de Primaria, las niñas utilizaron más algoritmos escritos, los procedimientos típicamente escolares, y los niños usaron más algoritmos inventados, procedimientos más flexibles que muestran un mayor sentido numérico. Estos resultados son muy representativos de esta línea de investigación y, como vimos en la revisión de la literatura, se han hecho reportes similares de Dinamarca, Estados Unidos y Rusia (Shen et al., 2016; Sunde et al., 2020).

Nuestra investigación, con una muestra mucho más amplia y variada (6056 alumnos, con 3108 niños y 2948 niñas de todo un país, España), ha llegado a unos resultados compatibles con los de estudios anteriores. Estas investigaciones, de tipo cualitativo, recogían información a través de entrevistas, con pequeñas muestras de conveniencia. En nuestro caso, la combinación de un enfoque cuantitativo y una muestra amplia refuerza la solidez de los resultados y supone una aportación significativa para confirmar la existencia de diferencias de género en el uso de manipulativos.

Entre las limitaciones del estudio, *Smartick* es una plataforma de pago, lo que implica un sesgo socioeconómico en el alumnado. También la propia selección de alumnado neurotípico, la exclusión de resultados extremos, o la no recogida del tiempo de respuesta, que puede ayudar a valorar la eficiencia en la resolución (Lemaire y Siegler, 1995), son aspectos para considerar. La mayor limitación de este estudio es que la recogida de datos no permite especificar la estrategia empleada en las tareas. Solo podemos concluir que las niñas han interactuado más con el *rekenrek* en la pantalla que los niños. En principio, interactuar con el *rekenrek* puede implicar una estrategia de modelización directa, mientras que no utilizarlo supone una estrategia de modelización o de conteo con ayuda de los dedos, o el uso de hechos numéricos básicos o derivados. No podemos inferir con

seguridad la estrategia empleada a partir del uso del *rekenrek* o la ausencia de uso, pero el uso sí parece apuntar a un procedimiento menos abstracto y eficiente en el sentido que dan a estos términos Carpenter y Moser (1984). Esta limitación sí permite comparar los resultados de este estudio con los de Fennema et al. (1998) y Carr y Jessup (1997), replicando el hallazgo sobre diferencias de género en el uso de manipulativos, pero no posibilita profundizar la discusión comparando los nuestros resultados con los estudios cualitativos sobre el uso de estrategias en estas edades.

Por esta razón, una línea prometedora para profundizar en el estudio de las diferencias de género en aritmética en las primeras edades consistiría en tratar de ir más allá de la interacción con el manipulativo e intentar averiguar qué estrategia se ha utilizado en un entorno online. Para ello, sería necesario diseñar tareas adecuadas para recoger información sobre las estrategias a través de una representación verbal o gráfica que pueda expresarse a través de este tipo de entornos. En la investigación de Månsson (2022), el uso de informes verbales escritos retrospectivos de maestros en formación, en estrategias de cálculo mental de restas con números de dos cifras, ha dado lugar a codificaciones muy fiables de las estrategias. Se trata de un enfoque prometedor que habría que adaptar al uso con alumnado de primeros cursos de Educación Primaria.

Un aspecto en el que se debe profundizar es en las diferencias encontradas en la resta, en la que se han utilizado más los manipulativos que en la suma, en problemas de *rekenrek* y en sumas simbólicas, y menos en problemas aritméticos verbales (Figura 2). Las tareas de este estudio se han realizado en un momento inicial en la trayectoria de aprendizaje de la suma y la resta. Estas operaciones se han presentado de manera informal a través de situaciones de añadir o quitar y de problemas de cambio, creciente y decreciente, con incógnita en la cantidad final. Los alumnos no habían accedido a lecciones en la plataforma en las que se profundiza en la relación parte todo, se trata de la relación inversa entre la suma y la resta, o se conectan hechos numéricos de suma y de resta ($4 + 3 = 7$, $7 - 3 = 4$ y $7 - 4 = 3$), todos ellos aspectos fundamentales para profundizar en la conexión de la suma con la resta (Baroody, 2016). Canobi (2005) también ha indicado en su estudio con alumnado de 7 a 9 años que, además de la importancia de la relación parte-todo, se producen grandes diferencias individuales en el papel que juegan los objetos concretos en la comprensión de la resta en estas edades, que han dado lugar a resultados contradictorios en estudios anteriores. Pensamos que esta línea es la que debe seguirse para comprender mejor estas diferencias en la resta.

Otro aspecto que merece más investigación es la eficiencia de la resolución. En el ámbito de la investigación en Educación Matemática, se suelen considerar más “eficientes” a las estrategias más avanzadas en la trayectoria de aprendizaje; según esto, son más eficientes las estrategias de uso de hechos numéricos que las de conteo o modelización directa (Baroody, 2016; Carpenter y Moser, 1984; Sarama y Clements, 2009). Sin embargo, la eficiencia también se puede valorar a

través del porcentaje de error y el tiempo de respuesta (Lemaire y Siegler, 1995) y el punto de vista sobre el papel del conteo con los dedos en el aprendizaje de las matemáticas, y de que las estrategias de conteo deben abandonarse a medida que avanza la escolaridad, es controvertido (Moeller et al., 2011). Estudiar la eficiencia así, observando el porcentaje de acierto en las tareas, pero incluyendo también el tiempo de respuesta, puede dar una perspectiva de interpretación diferente, y complementaria, a los estudios anteriores al valorar la eficiencia de las estrategias.

Finalmente, otro ámbito que habrá que explorar es el abandono del uso de manipulativos dejando paso a representaciones simbólicas (Fyfe et al., 2014), dado que se ha encontrado que esta transición, de lo concreto a lo simbólico, parece ser más lenta en niñas que en niños (Carr y Alexeev, 2011).

Las valoraciones que hacemos de este estudio están en la línea de la preocupación mostrada por Fennema et al. (1998). Las pequeñas diferencias de género en estrategias, en el uso de manipulativos, y en la forma de abordar las tareas matemáticas, aunque en las primeras edades no produzcan diferencias más globales en el rendimiento matemático, sí podrían producirlas en el medio y largo plazo. Esto se ha visto en tareas de rotación mental con alumnado de secundaria (Ramírez-Uclés y Ramírez-Uclés, 2023) o en muestras de estudiantes universitarios, en que los niños tuvieron una mayor capacidad de razonamiento aritmético, influida por una ventaja tanto en fluidez de cálculo como en habilidades espaciales (Geary et al., 2000). Y en España, se ha encontrado una brecha de género en el rendimiento matemático en todas las ediciones de PISA en favor de los alumnos, con mejores puntuaciones que las alumnas (Fuentes de Frutos y Renobell Santaren, 2020). Por tanto, esperamos poder contribuir en el futuro a mejorar la comprensión, acerca de los aspectos que inciden en estas diferencias de género en la iniciación aritmética en los primeros años, para que podamos aprender cómo potenciar mejor las capacidades matemáticas de todo el alumnado.

REFERENCIAS

- Ambrose, R.C. (2002). Are we overemphasizing manipulatives in the primary grades to the detriment of girls? *Teaching Children Mathematics*, 9(1), 16-21. <http://doi.org/10.5951/TCM.9.1.0016>
- Baccaglini-Frank, A. y Maracci, M. (2015). Multi-touch technology and preschoolers' development of number-sense. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 1, 7-27. <https://doi.org/10.1007/s40751-015-0002-4>
- Bajwa, N. P. y Perry, M. (2021). Features of a pan balance that may support students' developing understanding of mathematical equivalence. *Mathematical Thinking and Learning*, 23(1), 1-27. <https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1700587>
- Bailey, D.H., Littlefield, A. y Geary, D.C. (2012). The codevelopment of skill at and preference for use of retrieval-based processes for solving addition

- problems: Individual and sex differences from first to sixth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113(1), 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.04.014>
- Baroody, A. J. (2016). Curricular approaches to connecting subtraction to addition and fostering fluency with basic differences in grade 1. *PNA. Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 10(3), 161-190. <https://doi.org/10.30827/pna.v10i3.6087>
- Baroody, A. J. (2017). The use of concrete experiences in Early Childhood mathematics instruction. En J. Sarama, D. H. Clements, C. Germeroth, y C. Day-Hess (Eds.), *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 53, pp. 43-94). JAI. <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2017.03.001>
- Canobi, K. H. (2005). Children's profiles of addition and subtraction understanding. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92(3), 220-246. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.06.001>
- Carbonneau, K. J., Marley, S. y Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 380-400. <https://doi.org/10.1037/a0031084>
- Carpenter, T.P. y Moser, J.M. (1984). The acquisition of addition and subtraction concepts in grade one through three. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15, 179-202. <https://doi.org/10.2307/748348>
- Carr, M. y Jessup, D. L. (1997). Gender differences in first-grade mathematics strategy use: Social and metacognitive influences. *Journal of Educational Psychology*, 89(2), 318-328. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.2.318>
- Carr, M., Jessup, D. y Fuller, D. (1999). Gender Differences in First-Grade Mathematics Strategy Use: Parent and Teacher Contributions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(1), 20-46. <https://doi.org/10.2307/749628>
- Carr, M. y Alexeev, N. (2011). Fluency, accuracy, and gender predict developmental trajectories of arithmetic strategies. *Journal of Educational Psychology*, 103(3), 617-631. <https://doi.org/10.1037/a0023864>
- Casey, B.M., Lombardi, C.M., Pollock, A., Fineman, B. y Pezaris, E. (2017). Girls' spatial skills and arithmetic strategies in first grade as predictors of fifth-grade analytical math reasoning. *Journal of Cognition and Development*, 18(5), 530-555. <https://doi.org/10.1080/15248372.2017.1363044>
- Davis, H. y Carr, M. (2002). Gender differences in mathematics strategy use. *Learning and Individual Differences*, 13(1), 83-95. [https://doi.org/10.1016/S1041-6080\(02\)00063-8](https://doi.org/10.1016/S1041-6080(02)00063-8)
- Fennema, E. (1972). The relative effectiveness of a symbolic and a concrete model in learning a selected mathematics principle. *Journal for Research in Mathematics Education*, 3(4), 233-238. <https://doi.org/10.2307/748490>
- Fennema, E., Carpenter, T.P., Jacobs, V., Franke, M.L. y Levi, L. (1998). A longitudinal study of gender differences in young children's mathematical

- thinking. *Educational Researcher*, 27(5), 6-11.
<https://doi.org/10.3102/0013189X027005006>
- Flevaras, L. M., Perry, M., Beilstein, S. O. y Bajwa, N. P. (2022). Examining first-graders' developing understanding of place value via base-ten virtual manipulatives. *Early Childhood Education Journal*, 50, 359-370.
<https://doi.org/10.1007/s10643-021-01162-9>
- Fuentes de Frutos, S. y Renobell Santaren, V. (2020). La influencia del género en el aprendizaje matemático en España. Evidencias desde PISA. *Revista de Sociología de la Educación-RASE*, 13(1), 63-80.
<http://doi.org/10.7203/RASE.13.1.16042>
- Fyfe, E. R., McNeil, N. M., Son, J. Y. y Goldstone, R. L. (2014). Concreteness fading in mathematics and science instruction: A systematic review. *Educational psychology review*, 26, 9-25. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9249-3>
- Geary, D.C., Saults, S.J., Liu, F. y Hoard, M.K. (2000). Sex differences in spatial cognition, computational fluency, and arithmetical reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(4), 337-353.
<https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2594>
- Ginsburg, H.P. y Pappas, S. (2004). SES, ethnic, and gender differences in young children's informal addition and subtraction: A clinical interview investigation. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(2), 171-192.
<https://doi.org/10.1016/j.appdev.2004.02.003>
- Hodgen, J., Foster, C., Marks, R. y Brown, M. (2018). *Evidence for review of mathematics teaching: improving mathematics in key stages two and three: Evidence review* (ED612295). ERIC.
- Hornburg, C.B., Rieber, M.L. y McNeil, N.M. (2017). An integrative data analysis of gender differences in children's understanding of mathematical equivalence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 163, 140-150.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.06.002>
- Hutchison, J.E., Lyons, I.M. y Ansari, D. (2019). More similar than different: Gender differences in children's basic numerical skills are the exception not the rule. *Child Development*, 90(1), e66-e79. <https://doi.org/10.1111/cdev.13044>
- Jordan, N.C., Kaplan, D., Locuniak, M.N., y Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22, 36-46.
<https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2007.00229.x>
- Laski, E.V., Casey, B.M., Yu, Q., Dulaney, A., Heyman, M. y Dearing, E. (2013). Spatial skills as a predictor of first grade girls' use of higher-level arithmetic strategies. *Learning and Individual Differences*, 23, 123-130.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.08.001>
- Lemaire, P. y Siegler, R. S. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(1), 83-97. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.124.1.83>

- Månsson, A. (2022). Preservice elementary teachers' mental computation strategy use in subtraction on two-digit natural numbers. *Acta Didactica Napocensia*, 15(2), 111-122. <https://doi.org/10.24193/adn.15.2.7>
- McNeil, N. y Jarvin, L. (2007). When theories don't add up: Disentangling the manipulatives debate. *Theory Into Practice*, 46(4), 309-316. <http://doi.org/10.1080/00405840701593899>
- Moeller, K., Martignon, L., Wessolowski, S., Engel, J. y Nuerk, H. C. (2011). Effects of finger counting on numerical development—the opposing views of neurocognition and mathematics education. *Frontiers in psychology*, 2, 328. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00328>
- Moyer, P.S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 175-197. <https://doi.org/10.1023/A:1014596316942>
- Moyer-Packenham, P.S. y Westenskow, A. (2013). Effects of virtual manipulatives on student achievement and mathematics learning. *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 4(3), 35-50. <https://doi.org/10.4018/jvple.2013070103>
- Ramírez-Uclés, I. y Ramírez Uclés, R. (2023). Diferencias de género en test de rotación mental: una perspectiva desde la enseñanza de la geometría. *Educación XXI*, 26(2), 351-372. <https://doi.org/10.5944/educxx1.33150>
- Richland, L.E., Zur, O. y Holyoak, K.J. (2007). Cognitive supports for analogies in the mathematics classroom. *Science*, 316(5828), 1128-1129. <https://doi.org/10.1126/science.1142103>
- Sarama, J. y Clements, D.H. (2009). *Early Childhood Mathematics Education Research: Learning Trajectories for Young Children*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203883785>
- Sarama, J. y Clements, D.H. (2016). Physical and Virtual Manipulatives: What Is “Concrete”? En P.S. Moyer-Packenham (Ed.), *International Perspectives on Teaching and Learning Mathematics with Virtual Manipulatives, Mathematics Education in the Digital Era* (pp. 71-93). Springer International Publishing. http://doi.org/10.1007/978-3-319-32718-1_4
- Shen, C., Vasilyeva, M., Elida V. y Laski, E.V. (2016). Here, but not there: Cross-national variability of gender effects in arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 146, 50-65. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.01.016>
- Sowell, E.J. (1989). Effects of Manipulative Materials in Mathematics Instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(5), 498-505. <https://doi.org/10.2307/749423>
- Sunde, P.B., Sunde, P. y Sayers, J. (2020). Sex differences in mental strategies for single-digit addition in the first years of school. *Educational Psychology*, 40(1), 82-102. <https://doi.org/10.1080/01443410.2019.1622652>
- Tournaki, N., Bae, Y. S. y Kerekes, J. (2008). Rekenrek: A manipulative used to teach addition and subtraction to students with learning disabilities. *Learning disabilities: A contemporary journal*, 6(2), 41-59.

Verschaffel, L., Greer, B. y De Corte, E. (2007). Whole number concepts and operations. En F.K. Lester (ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 557-628). Information Age Pub.

Carlos de Castro
Universidad Autónoma de
Madrid, España
carlos.decastro@uam.es

Belén Palop
Universidad Complutense de
Madrid, España
bpalop01@ucm.es

Recibido: octubre de 2024. Aceptado: julio de 2025

doi: 10.30827/pna.v20i1.31768



ISSN: 1887-3987

GENDER DIFFERENCES IN ARITHMETIC AND PROBLEM SOLVING WITH VIRTUAL MANIPULATIVES IN CHILDREN AGED 5 TO 8 YEARS

Carlos de Castro and Belén Palop

We study the use and effectiveness of a virtual manipulative (rekenrek) depending on variables such as the type of task, arithmetic operation, gender, or age. In an online environment, we have collected more than 150,000 answers, given by 6,056 students aged 5 to 8, to addition and subtraction tasks, verbal arithmetic problems and rekenrek problems. A virtual rekenrek was available for voluntary use in all tasks. Applying logistic regression models, we found that rekenrek problems register the greatest use of the manipulative and show the greatest difference in effectiveness depending on the use. This result highlights the importance of the type of task in the use and effectiveness of manipulatives in mathematics. Regarding gender, girls use manipulatives more often than boys. Despite the gap in the use of manipulative, no gender differences are found regarding performance. The results reinforce the idea that, between ages 5 and 8, gender differences appear in the way children approach arithmetic tasks and problem solving.