

INICIOS Y EVOLUCIÓN DE LA BRECHA DE GÉNERO EN MATEMÁTICA SIMBÓLICA

ORIGINS AND EVOLUTION OF THE GENDER GAP
IN SYMBOLIC MATHEMATICS

INÍCIOS E EVOLUÇÃO DA DESIGUALDADE DE GÊNERO
EM MATEMÁTICA SIMBÓLICA

Fanny Delorme Mancel

Facultad de Psicología, Universidad de la República .orcid: 0009-0002-5437-3307

Resumen:¹ La brecha de género en matemáticas ha sido ampliamente estudiada por sus consecuencias sociales y económicas de inequidad. Este estudio se propone analizar su aparición y evolución en estudiantes desde edad escolar temprana, principalmente para las habilidades simbólicas adquiridas durante la escolarización.

Utilizando datos de la Prueba Uruguaya de Matemática (PUMa), aplicada a 965 estudiantes en 2023 y a una cohorte de seguimiento de 143 estudiantes en 2024, examina las diferencias de rendimiento y de progreso entre último año de ciclo inicial y segundo grado de escuela. Los resultados indican una ventaja masculina significativa en matemática simbólica emergente hacia finales del ciclo inicial. Esta brecha se profundiza en primer y segundo grado por el mayor progreso que logran además los varones año a año, independientemente del nivel socioeconómico escolar. Estos hallazgos destacan el papel de la escolarización en el desarrollo temprano y profundización de la brecha de género en matemáticas, y confirman que las diferencias entre géneros no son innatas, sino socialmente construidas. Se recalca la necesidad de políticas educativas que promuevan la equidad de género en el aprendizaje matemático desde edades tempranas, con el apoyo de investigaciones sobre la influencia de los estereotipos de género tanto en docentes como estudiantes.

Palabras clave: brecha de género, matemática simbólica, escolar.

Abstract: The gender gap in mathematics has been widely

studied due to its social and economic implications regarding inequality. This study aims to analyze its emergence and development in students from an early school age, focusing mainly on symbolic mathematical skills acquired during schooling. Using data from the Uruguayan Mathematics Test (PUMa), administered to 965 students in 2023 and to a follow-up cohort of 143 students in 2024, the study examines differences in performance and progress between the final year of early childhood education and second school grade. The results indicate a significant male advantage in emerging symbolic mathematics skills toward the end of early education. This gap widens in first and second school grade due to the greater year-over-year progress made by boys, regardless of the school's socioeconomic level. These findings highlight the role of schooling in the early development and deepening of the gender gap in mathematics, confirming that gender differences are not innate but socially constructed. The study underscores the need for educational policies that promote gender equity in mathematics learning from an early age, supported by research on the influence of gender stereotypes in both teachers and students.

Keywords: gender gap, symbolic mathematics, school.

Resumo: A desigualdade de gênero em matemática tem sido amplamente estudada devido às suas consequências sociais e econômicas de desigualdade. Este estudo propõe-se a analisar seu surgimento e evolução em estudantes desde a idade escolar precoce, com foco principal nas habilidades simbólicas adquiridas durante a escolarização. Utilizando dados da Prova Uruguaya de Matemática (PUMa), aplicada a 965 estudantes em 2023 e a uma coorte de acompanhamento de 143 estudantes em 2024, examina as diferenças de desempenho e progresso entre o último ano da educação infantil e o segundo ano do ensino fundamental. Os resultados indicam uma vantagem masculina significativa em matemática simbólica emergente no final da educação infantil. Essa desigualdade se aprofunda no primeiro e segundo anos devido ao maior progresso ano após ano alcançado pelos meninos, independentemente do nível socioeconômico da escola. Esses achados destacam o papel da escolarização no desenvolvimento precoce e no aprofundamento da desigualdade de gênero em matemática, confirmando que as diferenças entre os gêneros não são inatas, mas socialmente construídas. Ressalta-se a necessidade de políticas educacionais que promovam a equidade de gênero na aprendizagem matemática desde a infância, com apoio de pesquisas sobre a influência dos estereótipos de gênero tanto em professores quanto em estudantes.

Palavras-chave: desigualdade de gênero, matemática simbólica, escolarização.

¹ El artículo es producto de una investigación finalizada dentro del cuadro de una tesis de grado de tipo artículo científico de producción empírica, cuyo tutor fue el Dr. Alejandro Maiche y la revisora la Dra. Alejandra Carboni. El proyecto de investigación, encuadrado por el Centro Interdisciplinario de Cognición para la Educación y el Aprendizaje de Uruguay, contó con la recolección de datos entre setiembre 2023 y mayo 2024. El procesamiento de los datos se llevó a cabo entre junio 2024 y marzo 2025, en paralelo con la redacción de este artículo que culminó en abril 2025.

Introducción

Problema de investigación

A pesar de no existir diferencias en habilidades matemáticas al nacer entre niñas y varones (Kershay et al., 2019; Spelke, 2005), son varios los estudios que han demostrado una ventaja masculina en esta disciplina en edades más avanzadas (Bharadwaj et al., 2016; Contini et al., 2017; Girelli, 2023). Esta brecha de género en matemáticas genera preocupación, ya que deja en evidencia una relación de desigualdad entre géneros que se traduce en mejores oportunidades educativas para los hombres que para las mujeres (Gamboa Araya, 2012).

El creciente interés mundial por la baja intención femenina en elegir desde la secundaria carreras que involucran disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (conocidas como STEM por su acrónimo en inglés) ha generado numerosas investigaciones (Breda et al., 2023; Delaney y Devereux, 2021; Hyde et al., 2008; Reilly et al., 2019; Wang y Degol, 2017; Yazilitas et al., 2013). La disparidad en la inserción académica y laboral no solo tiene consecuencias económicas visibles en la desigualdad salarial de género (Blau y Kahn, 2017) por encontrarse subrepresentadas las mujeres en estas carreras. También tiene implicancias sociales por la inequidad de oportunidades en la educación que genera. De allí el interés creciente por entender qué, cuándo, dónde y por qué ocurre este fenómeno, con el afán de poder elaborar políticas y estrategias que mitiguen esta desventaja (Tang y Zhao, 2024) y permitan incrementar la igualdad de género en matemáticas desde edades tempranas.

Antecedentes

Dependiendo de la franja etaria estudiada y de la sociedad en la que se hayan llevado a cabo las investigaciones sobre la brecha de género en matemáticas, se han encontrado resultados dispares. Algunos trabajos presentan más similitudes que diferencias en el rendimiento matemático de niñas y niños (Bakker et al., 2019; Hutchison et al., 2019; Hyde et al., 2008), aunque la mayoría concuerdan en que existe una diferencia de rendimiento matemático a favor de los varones (Bharadwaj et al., 2016; Contini et al., 2017; Girelli, 2023; Guiso et al., 2008) que conocemos con brecha de género en matemáticas.

En las últimas décadas aumentaron los aportes científicos con la intención de identificar las causas subyacentes a la desigualdad de género en el rendimiento matemático. Por mucho tiempo, el debate predominante se ubicó en identificar el origen de estas diferencias, contraponiendo factores biológicos y condiciones socioculturales.

Las matemáticas han sido tradicionalmente un campo de dominio masculino, por lo que no fueron pocas las teorías que se formularon sobre la menor capacidad (incluso biológica) de

las mujeres para destacarse en esta disciplina. Sin embargo, en las investigaciones anteriores no pudieron encontrarse evidencias que sustentaran un origen innato (Spelke, 2005) o propio del desarrollo cerebral (Kersey et al., 2019).

No obstante, la histórica impronta masculina en las ciencias duras, con las matemáticas como su principal representante, ha jugado un papel importante en la interiorización de estereotipos de género socialmente dominantes que se transmiten de generación en generación (Nollenberger et al., 2016). En este sentido, no es de extrañar que los juicios de valor tanto de niños, de padres (Eccles, 2005), como de docentes sean en su mayoría consistentes con esta idea (Carlana, 2019; Cimpian et al., 2016; Li, 1999; Robinson-Cimpian et al., 2014; Zhou y Urhahne, 2013).

Existe una fuerte asociación matemática-masculino en la que la familia, los docentes y el medio social juegan un papel fundamental en la construcción de la «identidad matemática» que explica la inequidad en la enseñanza de esta disciplina (Ortega et al., 2021; Tiedemann, 2000). Los estereotipos interiorizados con los que llegan los niños a la escolarización son a menudo afianzados al no ser deconstruidos y pueden marcar la diferencia en el rendimiento matemático (Del Río et al., 2016; Gamboa Araya, 2012).

Al contrastar la identidad de género de 247 estudiantes estadounidenses, con sus estereotipos de género en matemáticas, y su autoconcepto de matemáticas, Dario Cvencek et al. (2011) hallaron que desde el segundo grado escolar tanto niñas como niños ya presentan estereotipos de género implícitos y explícitos hacia las matemáticas. Sobre esta base construyen de manera tardía (de mitad a finales de edad escolar) sus autoconceptos, donde los niños se identifican (implícita y explícitamente) más que las niñas con las matemáticas, a pesar de no presentar aún diferencias de rendimiento.

Estos resultados se alinean con los obtenidos en las pruebas 2015 del Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS, por sus siglas en inglés) efectuadas a estudiantes de cuarto grado escolar de 32 países. En la mayoría de ellos, las niñas de cuarto grado mostraron un bajo autoconcepto de matemáticas y se evaluaron peor que a los varones, incluso cuando no se hallaron diferencias de rendimiento entre géneros y cuando las niñas eran superiores (Mejía-Rodríguez et al., 2021).

Recientemente, Can Tang y Liqiu Zhao (2024) intentaron explicar este fenómeno y esclarecieron los mecanismos subyacentes en el que las normas sociales de género operan. En su trabajo demuestran que la brecha de género en matemáticas tiende a desaparecer en las regiones de China con mayor equidad de género. Explican que allí las niñas tienen menor probabilidad de tener estereotipos de género sobre las matemáticas (creer que es un dominio masculino), lo que les permite tener un mejor autoconcepto (creer que pueden tener éxito en matemáticas). Estas creencias a su vez se conjugan con una mayor oportunidad de recibir atención de los profesores de esta disciplina y con la idea de que sus padres tienen mayores aspiraciones educacionales para

ellas. Estas condiciones favorables aumentan el nivel de confianza de las niñas que, al contar con la adecuada motivación, consagran un mayor esfuerzo y dedicación hacia las matemáticas, lo que explica el éxito en su rendimiento.

La influencia y modelos de roles de pares parecen tener un papel similar. La exposición a estudiantes que demuestran un mejor rendimiento en matemáticas puede moldear las creencias que tienen de que determinado género tiene mayor habilidad (estereotipos de género). Laura Pagani y Giovanni Pica (2021) argumentan que por tener un efecto tanto positivo como negativo, deben ser los modelos de roles específicos al género (ver determinado género tener éxito en una disciplina) los que contribuyen a configurar las creencias de los estudiantes sobre las habilidades académicas (aptitudes y predisposición) de cada género. En su estudio, notaron como efecto positivo que una mayor exposición a estudiantes de alto rendimiento del mismo género en quinto año de escuela (10 años) tiene como consecuencia (tanto para niñas como varones) un mejor rendimiento académico en segundo año de liceo (13 años). Sin embargo, para las niñas esta exposición no alcanza para que elijan una trayectoria intensiva en matemáticas en secundaria, a menos que sigan expuestas a al menos una niña de alto rendimiento durante la secundaria. Por otra parte, también registraron un efecto negativo sobre el rendimiento tanto de niñas como de varones por la presencia de estudiantes de alto rendimiento del género opuesto.

Como no puede negarse el papel sociocultural en la generación de estereotipos, se han elaborado estudios comparativos de sociedades con distinta prevalencia de equidad de género para entender la contribución de las normas sociales de género en la brecha de matemáticas. Luigi Guiso et al. (2008) analizaron los datos de las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés) diseñadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. En este estudio contrastaron los resultados de cuarenta países con cuatro medidas de equidad de género, entre las cuales el índice de brecha de género definido por el Foro Económico Mundial (Hausmann et al., 2006). Los autores encontraron una correlación positiva donde a menor equidad de género cultural, mayor la brecha en matemáticas a favor de los varones. También notaron que la brecha tendía a desaparecer en los países con mayor equidad de género.

En Europa, el Estudio Longitudinal Francés desde la Infancia de diez mil estudiantes de entre 4 y 7 años permitió distinguir un período preescolar (con estudiantes de entre 4 y 5 años) donde no se registraron diferencias entre niñas y niños en su rendimiento matemático, y un período de inicio escolar (con estudiantes de 6 y 7 años) en el que los varones mostraron una clara ventaja (Fischer y Thierry, 2022).

Estos resultados coinciden con la evaluación llevada a cabo en Bélgica por Merel Bakker et al. (2019) a niños de 4 y 5 años en la que se utilizaron pruebas numéricas (tanto simbólicas como no simbólicas). No encontraron diferencias entre niñas y varones en habilidades matemáticas tempranas, predictoras del desarrollo matemático, que pudieran dar cuenta de la brecha posterior.

En el informe dirigido al Ministerio francés de Educación Nacional y de la Juventud, Pauline Martinot y Stanislas Dehaene (2021) analizaron los resultados de las pruebas EvalAide de 700.000 estudiantes de ese país, y corroboraron un crecimiento continuo de la brecha de género en matemáticas en etapas tempranas de escolarización. Mientras, no se presentaron diferencias de desempeño entre niñas y varones al inicio del primer año escolar, a mediados del mismo año ya se registró una ventaja de los varones, para finalmente agudizarse la brecha al principio del año siguiente. El informe concluye que pocos meses de escolarización alcanzan para crear diferencias que el tiempo de exposición a las instituciones educativas profundiza, sin importar diferencias de edad, nivel socioeconómico, ni tipo de escuela atendida (pública o privada). Si bien los estereotipos de género pueden estar arraigados en la sociedad y fundamentalmente en el medio familiar, los autores afirman la existencia de una relación directa entre la escolarización y la brecha de género en matemáticas.

En Uruguay, San Román (2023) optó por comparar los resultados de pruebas matemáticas tempranas de 800 estudiantes según su género. La autora las dividió en: por un lado, las pruebas no simbólicas que evalúan la percepción, comparación y manipulación de grupos de elementos de forma aproximada (también conocido como «sentido numérico»), y que son habilidades consideradas innatas; y por otro, las pruebas simbólicas que evalúan la transcodificación de cantidades no simbólicas en sus representaciones fonológicas y visoespaciales, y son habilidades que se adquieren a través del acceso al vocabulario numérico. Sus hallazgos recalcan diferencias de rendimiento por género que se agudizan durante el primer año escolar, con la emergencia de una ventaja masculina en particular en matemática simbólica, la cual es adquirida primordialmente en la escuela.

En este trabajo presentamos los resultados obtenidos en materia de género en pruebas estandarizadas de matemáticas. Pero a diferencia de otras investigaciones que se valieron de los datos de pruebas como PISA (para estudiantes de 15 años) y TIMSS (de 9 años), los resultados aquí analizados provienen de la evaluación de habilidades matemáticas tempranas (desde los 5 años). A su vez, busca complementar estudios previos desarrollados en Uruguay (San Román, 2023) al contar con datos de seis departamentos del país y cubrir escuelas de todos los niveles socioeconómicos. Por último, con un estudio longitudinal de una cohorte de 143 estudiantes, permite evaluar el progreso por género en matemáticas entre ciclo inicial y primero, y de primero a segundo grado escolar, lo que proporciona datos novedosos sobre la evolución temprana de la brecha de género en el contexto uruguayo.

Objetivos/Preguntas

Este trabajo busca analizar las diferencias entre niñas y niños en matemáticas en etapas tempranas de escolarización, a partir de una base de datos obtenida a través de la aplicación de una prueba estandarizada en Uruguay. Las preguntas que intenta responder este estudio son:

- a) ¿Existe brecha de género en matemáticas?
- b) ¿Existen diferencias según las habilidades matemáticas (simbólica y no simbólica)?
- c) ¿En qué etapa (grado escolar) se hacen presentes las diferencias y la brecha?
- d) ¿Se puede asociar con el nivel socioeconómico de las escuelas?
- e) ¿Cómo influyen el grupo escolar y los pares en la brecha?
- f) ¿Cómo evoluciona la brecha a medida que se avanza en grado escolar?

Métodos

Participantes

Los participantes de este estudio fueron estudiantes que cursaban nivel 5 (ciclo inicial) y primer año escolar de escuelas públicas de Uruguay en las que se aplicó en 2023 la prueba PUMA² (Maiche et al., 2022). Las escuelas participantes se distribuyeron por departamento de la siguiente forma: catorce de Montevideo, ocho de Canelones, tres de Salto, dos de Colonia, dos de San José y dos de Soriano. A nivel socioeconómico, todos los quintiles (Administración Nacional de Educación Pública, 2021) se encontraban representados: seis escuelas de quintil 1, seis de quintil 2, seis de quintil 3, cinco de quintil 4 y ocho de quintil 5. Las niñas y niños tenían entre cinco y nueve años al momento en que se aplicó la prueba. A nivel de grupos escolares, se contó con datos de 28 clases de estudiantes de ciclo inicial y 34 de primer grado.

En un primer tiempo, participaron de la prueba 1100 niñas y niños de nivel 5 (inicial) y primer año escolar a fines de 2023. Se descartaron los datos de los estudiantes que no contaban con todas las tareas empezadas (primer ensayo sin realizar), por lo que quedaron 965 registros (véase Tabla 1).

Tabla 1. Composición de la muestra 2023

Grado	Femenino		Masculino	
	n	Edad en meses (DE)	n	Edad en meses (DE)
Inicial	212	71,6 (3,69)	210	71,4 (3,75)
Primero	265	83,8 (4,61)	278	83,9 (5,02)

DE: Desvío estándar

² <https://puma.cicea.uy/>

En un segundo tiempo (inicios del año lectivo 2024), se volvió a aplicar la misma prueba a un total de 291 estudiantes de cinco de las escuelas previamente evaluadas (tres de Montevideo y dos de Canelones) para analizar su progreso en primer y segundo año escolar.

De esa muestra se excluyeron:

- los datos de los estudiantes que no habían sido evaluados en 2023 (125 estudiantes),
- los datos de los estudiantes que no contaban con todas las tareas simbólicas empezadas (primer ensayo sin realizar) en la primera muestra tomada en 2023 (12 estudiantes), dejando los que tenían tareas no simbólicas incompletas,
- los datos de los estudiantes que no contaban con todas las tareas simbólicas empezadas (primer ensayo sin realizar) en la segunda muestra tomada en 2024 (5 estudiantes), dejando los que tenían tareas no simbólicas incompletas,
- los 6 estudiantes que mostraron un retroceso de más de 12 % en su progreso en matemática simbólica (5 puntos de 42) por tratarse de un posible error en la aplicación o estado atípico del estudiante.

La muestra final para el análisis de progreso en matemática simbólica luego de la limpieza de datos contó con 143 registros (véase Tabla 2), tomados con una distancia de entre seis y ocho meses con respecto a la primera aplicación. Los estudiantes estaban distribuidos en seis grupos escolares para ciclo inicial y cinco para primero.

Tabla 2. Composición de la muestra de seguimiento 2024

Grado	Femenino		Masculino	
	n	Edad en meses (DE)	n	Edad en meses (DE)
Primero	41	78,5 (3,65)	25	78,4 (4,18)
Segundo	34	90,7 (3,91)	43	90,2 (3,38)

DE: Desvío estándar

Materiales

Los conocimientos de los estudiantes se evaluaron a través de PUMa, que es una prueba diseñada para evaluar competencias matemáticas tempranas en niñas y niños de 5 a 7 años. Se lleva adelante de forma autoadministrada mediante dispositivos digitales con conexión a internet (tablets, computadoras) con una duración de diez a quince minutos. Consta de ocho tareas (subpruebas) que evalúan diferentes nociones matemáticas, agrupadas en dos dimensiones: matemática simbólica (cinco subpruebas) y matemática no simbólica (tres subpruebas) ilustradas en la Tabla 3. En la mayoría de las tareas el nivel de dificultad se incrementa de forma progresiva a medida que se avanza en el número de ensayos.

Tabla 3. Descripción de las tareas de PUMa

Tarea	Tipo	Cant. de ensayos	Descripción	Ejemplo
Sistema numérico aproximado (ANS)	No Simbólica	21	Indicar cuál de los dos conjuntos de puntos que se muestran por breve tiempo (para evitar el conteo) tiene mayor cantidad, con una proporción entre cada lado que varía de 1,2 a 2.	
Serie numérica progresiva	Simbólica	7	Ordenar de menor a mayor un conjunto de entre 5 y 7 piedras que presentan un número simbólico del 1 al 91.	
Conteo	No Simbólica	6	Colocar en el carrito la cantidad de piedras que aparece, representada visualmente mediante puntos (entre 2 y 18).	
Serie numérica regresiva	Simbólica	7	Ordenar en sentido inverso (de mayor a menor) un conjunto de 5 piedras que presentan un número simbólico del 1 al 112.	
Transcodificación verbal-arábica	Simbólica	12	Tocar la oveja que tiene escrito el mismo número (del 2 al 150) que se escucha a través del audio, pudiendo reproducir el audio varias veces.	
Cálculo mental	Simbólica	8	Sumar las dos cartas que tienen un dígito cada una e indicar el resultado tocando sobre una de las cartas del 1 al 10 de la parte inferior.	
Patrones	No Simbólica	7	Completar el patrón compuesto por una serie de imágenes teniendo entre 2 y 4 opciones de imágenes posibles.	
Composición-numérica	Simbólica	8	Pagar compras de 2 a 100 pesos seleccionando monedas de 1, 2, 5, 10 y 50 pesos, con hasta 8 monedas por cada ensayo.	

Procedimiento

La aplicación de la prueba PUMa estuvo a cargo de evaluadores capacitados que concurrieron a las 31 escuelas entre setiembre y octubre 2023 en una primera instancia, y repitieron la prueba en cinco de las escuelas previamente evaluadas entre abril y mayo 2024. Cada clase tuvo a cargo dos evaluadores en simultáneo.

Análisis de datos

Mediciones

Las variables analizadas en el estudio fueron:

- Rendimiento matemático: porcentaje de aciertos en la prueba PUMa, en la que cada ensayo es equivalente a un punto y el máximo obtenible es 76 puntos (véase Tabla 1).
- Rendimiento matemático simbólico: porcentaje de aciertos obtenido en la suma de las subpruebas de matemática simbólica. Cada ensayo de cada subprueba es equivalente a un punto y el máximo obtenible es 42 puntos.
- Rendimiento matemático no simbólico: porcentaje de aciertos obtenido en la suma de las subpruebas de matemática no simbólica. Cada ensayo de cada subprueba es equivalente a un punto y el máximo obtenible es 34 puntos.
- Brecha de género en matemáticas: diferencia entre el rendimiento matemático de los varones y el de las niñas.
- Progreso en matemática simbólica: diferencia entre el rendimiento simbólico obtenido en 2024 y el obtenido en 2023.
- Razón de exposición a estudiantes de alto rendimiento³ del mismo género: para cada estudiante, división entre la cantidad de estudiantes de alto rendimiento del mismo género presentes en su grupo escolar en 2023 (sin contar al estudiante si fuese uno) y la cantidad de estudiantes del mismo género del grupo (nuevamente sin contarlos).

Los datos fueron procesados mediante el software estadístico Jamovi versión 2.6 (The Jamovi Project, 2024). Se elaboraron análisis descriptivos (tablas de medias, desviaciones estándar, gráficos de barras, histogramas, gráficas de violín y gráficas de dispersión) y análisis inferenciales (de comparación de grupos mediante pruebas U de Mann-Whitney, regresiones lineales, correlación de Pearson y análisis de la varianza [ANOVA, por su acrónimo en inglés]).

³ Para determinar los estudiantes de alto rendimiento, se agruparon todos los estudiantes evaluados en 2023 en terciles de rendimiento bajo, medio y alto.

Resultados

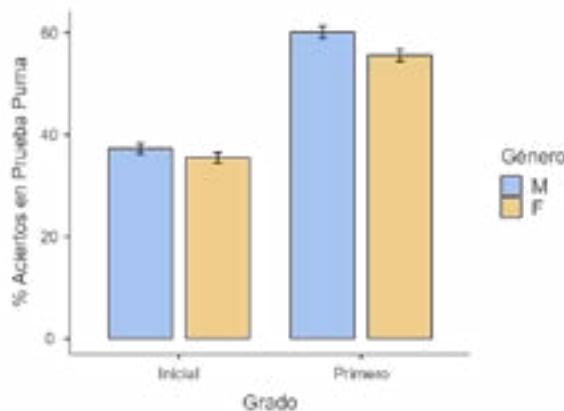
Primera muestra: análisis del rendimiento matemático

¿Existen diferencias de rendimiento matemático por género entre ciclo inicial y primero de escuela?

Al comparar el rendimiento matemático general por género, gracias al porcentaje de aciertos obtenidos en toda la prueba PUMa (véase Figura 1), no se presenta en ciclo inicial casi diferencia entre niñas (35,5 % de aciertos) y varones (37,3 %), y dicha diferencia no es estadísticamente significativa ($p = .524$ en prueba de Mann-Whitney).

Sin embargo, para primer grado, sí se aprecia una diferencia (brecha de género en matemáticas) estadísticamente significativa ($p = .008$ en prueba de Mann-Whitney) entre niñas (55,6 % de aciertos) y varones (60,1 %).

Figura 1. Comparación por género del rendimiento matemático, para inicial y primer grado



Fuente: Elaboración propia

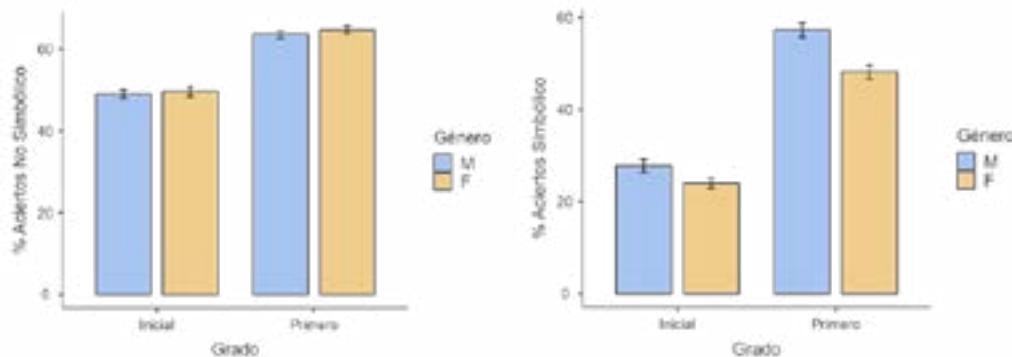
¿En qué habilidades matemáticas (simbólica y no simbólica) existen mayores diferencias por género?

Para explorar el origen de la brecha en rendimiento matemático emergente en primer año escolar, se analiza la diferencia de rendimiento entre géneros para matemática simbólica y no simbólica entre ciclo inicial y primer grado (véase Figura 2).

No se encuentran diferencias significativas entre géneros en matemática simbólica, ni en ciclo inicial (niñas promediando 49,6 % y varones 49 % de aciertos) ni en primero (niñas 64,7 % y varones 63,5 %).

Sin embargo, sí se presentan diferencias importantes en matemática simbólica entre niñas y varones: en ciclo inicial las niñas promedian 24 % de aciertos contra 27,8 % para los varones, mientras que para primer grado ellas promedian 48,2 % de aciertos cuando ellos promedian 57,3 %.

Figura 2. Rendimiento en matemática no simbólica y simbólica, por género y grado



Fuente: Elaboración propia

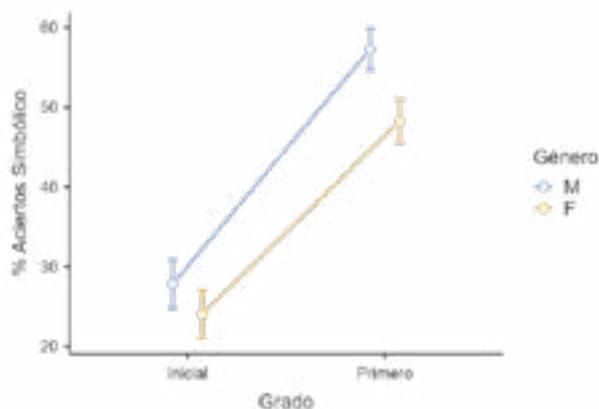
Ya que este desfasaje explicaría la brecha en el rendimiento general de la prueba PUMa en matemáticas, se procede a focalizar el resto del estudio en matemática simbólica en particular.

¿En qué etapa (grado escolar) se hace notable la brecha de género en matemática simbólica?

La diferencia entre géneros en habilidades simbólicas ya es estadísticamente significativa en ciclo inicial ($p = .021$) según la prueba de Mann-Whitney, con un tamaño del efecto de .208 en d de Cohen.

Sin embargo, en primer grado la diferencia entre niñas y varones, además de ser estadísticamente significativa ($p < .001$) en la prueba de Mann-Whitney, parece incrementarse con un tamaño del efecto de .359 en d de Cohen.

La brecha de género se profundiza entre ciclo inicial (3,8 % de brecha) y primer grado (9,05 % de brecha), como se visualiza en la Figura 3, aunque no se confirme una interacción significativa entre género y grado ($p = .071$ en ANOVA).

Figura 3. Interacción entre género y grado en rendimiento matemático simbólico

Fuente: Elaboración propia

¿Influye el quintil de la escuela en la aparición de la brecha de género en matemática simbólica?

Al contar con datos de escuelas de todos los quintiles socioeconómicos, se compara en cada uno el rendimiento en matemática simbólica de niñas y niños tanto para ciclo inicial como primer grado, calculado en porcentaje de aciertos (véase Tabla 4).

Si bien en inicial no se visualizan diferencias de rendimiento entre géneros para los quintiles de menor nivel socioeconómico (uno y dos), sí parecen estar presentes en los demás quintiles (tres a cinco) desde ese grado.

Por otro lado, en primero la brecha de género a favor de los varones en habilidades simbólicas, además de aumentarse con respecto al ciclo inicial, se vislumbra en todos los quintiles socioeconómicos, mostrando diferencias incluso importantes en varios de los niveles.

Tabla 4. Rendimiento en matemática simbólica, por quintil, género y grado

Grado	Quintil	Niñas		Varones		Brecha
		n	% Aciertos	n	% Aciertos	
Inicial	1	48	22,7	47	22,4	-0,3
	2	42	20,3	39	21,6	1,3
	3	43	20,5	32	29,7	9,2
	4	19	26,1	15	29,0	2,9
	5	60	29,6	77	33,3	3,7
Primero	1	29	36,9	38	42,3	5,4
	2	38	34,7	42	47,8	13,1
	3	61	45,8	65	57,7	11,9
	4	52	48,7	44	65,3	16,6
	5	85	59,6	89	63,8	4,2

Al explorar la posibilidad de interacción entre género y quintil de la escuela sobre el rendimiento de los estudiantes mediante ANOVA, no se encontró una interacción significativa ($p=.33$).

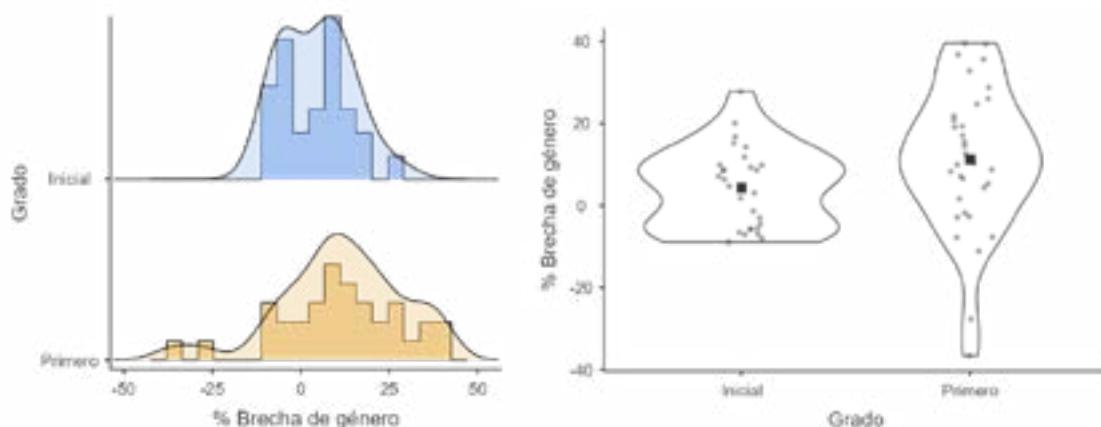
¿Influye el grupo escolar (los pares) en la brecha de género en matemática simbólica?

Como se adelantó en el apartado «¿En qué etapa (grado escolar) se hace notable la brecha de género en matemática simbólica?», para la generación de ciclo inicial la brecha de género en matemática simbólica se eleva a 3,8 %, mientras que en la de primer grado incrementa a 9,05 %. Para evaluar si este efecto es intrínseco a los grupos escolares más allá de presentarse de manera global en todo el grado escolar, se calcula la brecha de género para cada una de las clases de estudiantes (28 grupos de ciclo inicial y 34 de primer grado).

Como resultado, se aprecia que el promedio de las brechas grupales es incluso superior al obtenido analizando el grado escolar globalmente: 4,33 % de brecha promedio en ciclo inicial (versus 3,8 % de brecha para el grado en su conjunto) y 11,22 % en primero (versus 9,05 %).

Además, con una prueba Shapiro-Wilk se confirma que las brechas por grupos escolares se distribuyen en cada ciclo de forma normal ($p>.05$) como se ilustra en la Figura 4. Por lo tanto, las medias obtenidas son representativas de los grupos escolares, y confirman que la brecha de género es un efecto propio del grupo escolar.

Figura 4. Distribución por grado de las brechas de género de cada grupo escolar



Fuente: Elaboración propia

Segunda muestra: progreso del rendimiento en matemática simbólica

De acuerdo con lo expuesto en las secciones «¿En qué etapa (grado escolar) se hace notable la brecha de género en matemática simbólica?» y «¿Influye el grupo escolar (los pares) en la brecha de género en matemática simbólica?», la brecha de género en matemáticas parece incrementarse de ciclo inicial a primero donde se consolida. Sin embargo, los datos analizados corresponden a

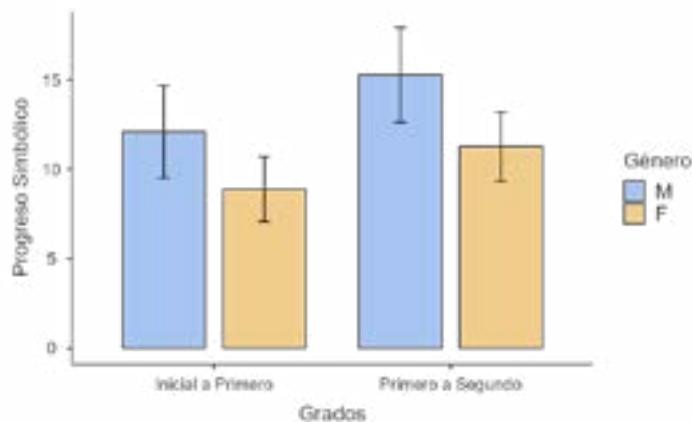
un corte transversal con diferentes estudiantes para cada grado escolar. De allí la importancia de elaborar un estudio de panel para tener un seguimiento de los mismos sujetos entre esos años escolares. Al tratarse de un estudio longitudinal, la muestra se encuentra reducida en comparación con el transversal, por lo que se opta por priorizar el estudio de la variable «progreso» y no repetir los análisis ya efectuados en la muestra transversal.

¿Existen diferencias en el progreso en matemáticas según el género?

Al comparar el progreso en habilidades simbólicas por género, se observa en la Figura 5 una mayor mejora en los varones que en las niñas. Entre ciclo inicial y primero las niñas incrementan su promedio de aciertos 8,89 %, mientras los niños logran mejorar 12,1 %. Luego, entre primero y segundo grado, el porcentaje de aciertos aumenta 11,27 % para las niñas cuando los niños progresan 15,28 % en promedio.

De esta forma, la diferencia de progreso entre géneros a favor de los varones aumenta de 3,21 % en el pasaje de inicial a primero a 4,01 % en el pasaje de primero a segundo grado.

Figura 5. Progreso del rendimiento en matemática simbólica por género



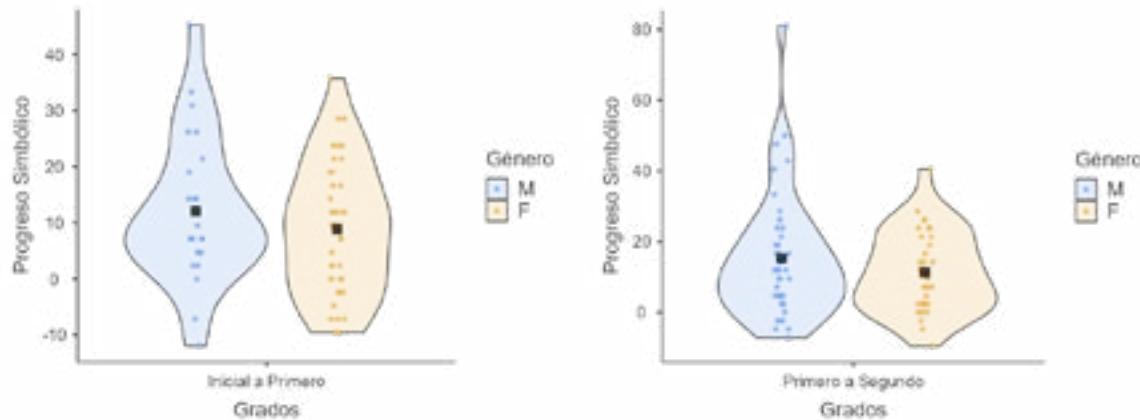
Fuente: Elaboración propia

¿Progresan en matemáticas de forma homogénea según su género las niñas y los niños?

Se observa que las distribuciones de los progresos de rendimiento simbólico entre ciclo inicial y primero tienen una distribución normal ($p>.05$ en la prueba de Shapiro-Wilk), tanto para las niñas como para los niños. No obstante, se registra en la Figura 6 una mayor cantidad de niñas que no pudieron progresar (debajo de cero) en matemáticas, a pesar de haber avanzado al siguiente grado escolar. Un total de 32 % de las niñas que pasaron de inicial a primero no progresaron en su rendimiento, cuando solo un 12 % de los varones no alcanzaron a mejorar.

En cuanto al pasaje entre primero y segundo año escolar, el porcentaje de niñas y niños que no pudieron progresar es similar (17 % y 16 % respectivamente). Sin embargo, se observa en la Figura 6 una distribución normal de progresos en matemática simbólica para las niñas ($p>.05$ en la prueba de Shapiro-Wilk), mientras que para los varones la distribución es asimétrica positiva ($p<.001$), con una importante cantidad (14 %) progresando más del doble de la media.

Figura 6. Distribución de progresos en matemática simbólica por género y pasaje de grado



Fuente: Elaboración propia

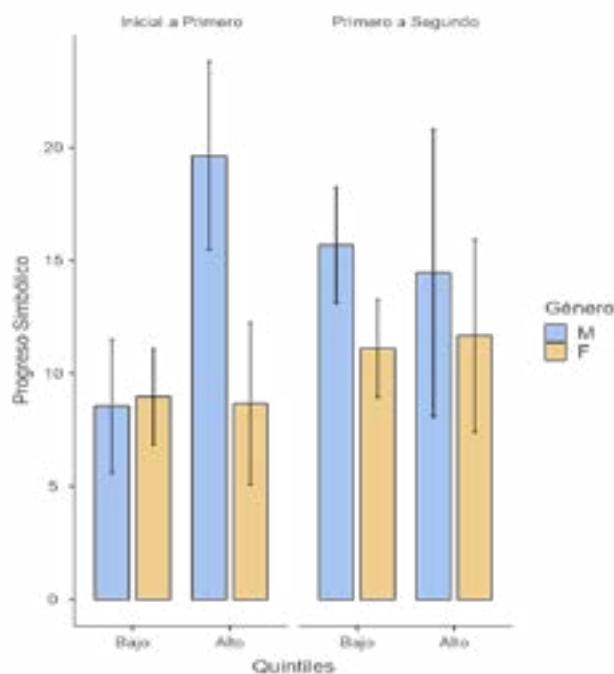
¿Influye el quintil de la escuela en el progreso en matemáticas?

Para corroborar si los hallazgos en habilidades simbólicas por quintiles socioeconómicos mencionados en el apartado «¿Influye el quintil de la escuela en la aparición de la brecha de género en matemática simbólica?» se reproducen en lo que refiere al progreso del rendimiento, se analizó la variable progreso (véase Figura 7) comparando los quintiles bajos (primer, segundo y tercer quintil) con los altos (cuarto y quinto).

Al igual que en los resultados anteriores, si bien no se observó brecha de género en el progreso que se da de inicial a primero en los quintiles bajos, la diferencia de progresos entre niñas y varones es amplia a favor de los niños en los quintiles altos. Sin embargo, no se confirmó interacción entre género y quintil ($p = .088$ en ANOVA).

Por otro lado, de primero a segundo año escolar, la brecha de género en progresos se visualiza tanto en los quintiles altos como bajos, al igual que ocurría con el rendimiento (véase «¿Influye el quintil de la escuela en la aparición de la brecha de género en matemática simbólica?»).

Figura 7. Progreso del rendimiento en matemática simbólica por género, quintiles y pasaje de grado



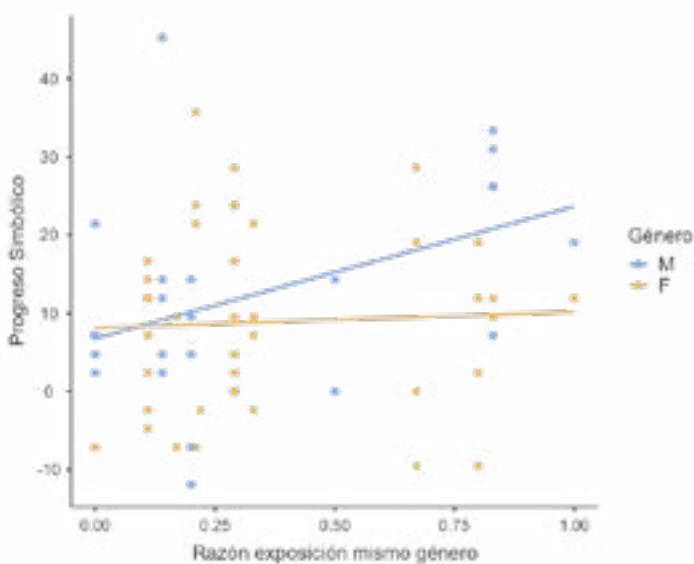
Fuente: Elaboración propia

¿Influye el grupo escolar de igual forma en el progreso del rendimiento individual de niñas y varones?

Se busca entender cómo se beneficia cada género de la exposición a estudiantes de alto rendimiento en su propio progreso en matemática simbólica, entre ciclo inicial y primero. Para ello, en una primera instancia se agrupan los estudiantes evaluados en 2023 en terciles de rendimiento bajo, medio y alto. Luego se calcula la razón de exposición que cada estudiante tiene a pares de alto rendimiento en su grupo escolar (clase), que además sean de su mismo género, explorando así posibles factores identificatorios.

Se confirma una relación positiva moderada ($p = .04$, $r = .41$ en correlación de Pearson), ilustrada en la Figura 8, que muestra cómo los varones se benefician de pares de alto rendimiento del mismo género para progresar en sus habilidades simbólicas entre ciclo inicial y primer grado. Sin embargo, no se encontró una relación similar para las niñas.

Figura 8. Progreso del rendimiento en matemática simbólica por género según razón de exposición



Fuente: Elaboración propia

Discusión

Si bien la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo hasta el momento concuerdan en que existe una brecha de género en matemáticas, hemos visto que no se presenta en todas las sociedades ni franjas etarias de igual manera, y que depende también de las habilidades evaluadas. Este trabajo permitió validar con una base de datos de casi mil estudiantes uruguayos, y a través de una prueba estandarizada de habilidades matemáticas tempranas (PUMa), el inicio de una brecha de género en matemáticas a fines del ciclo inicial que se consolida en primer grado de escuela. Esto confirma que la ventaja masculina en matemáticas no es innata, sino contraída en etapa escolar, lo que concuerda con los resultados obtenidos por otros autores (Fischer y Thierry, 2022; Martinot y Dehaene, 2021; San Román, 2023). Además, las diferencias entre géneros no se presentan para todas las habilidades matemáticas, sino solo para las de tipo simbólico, que son las adquiridas principalmente en la escuela, como ya había sugerido Nathalia San Román (2023).

Con el análisis longitudinal de 143 estudiantes, se pudo además corroborar que los niños progresan más que las niñas en sus habilidades simbólicas de un grado a otro (tanto de inicial a primero, como de primero a segundo), lo que profundiza la brecha de género sin importar el nivel socioeconómico de la escuela. También se evidenció un importante porcentaje de niñas que no logran progresar en el pasaje de inicial a primero (32 %) y quedan rezagadas con respecto a sus compañeros. De primero a segundo grado, existe además un alto porcentaje

de varones (14 %) que progresó más del doble de la media. Ambos resultados confirman que el aprendizaje de las habilidades simbólicas en la escuela se da de forma dispar entre niñas y varones, por lo que las niñas no pueden progresar a la par de los niños y se incrementa la brecha entre ellos año a año.

En un intento por arrojar luz sobre los posibles factores que contribuyen a la brecha de género en matemática simbólica, se analizaron variables como el nivel socioeconómico de la escuela, sin encontrar una relación directa, pero sí se descubrió que la brecha de género se afianza en todos los quintiles a partir de primer año de escuela. También se validó que la brecha de género es intrínseca al grupo escolar (clase), con una distribución normal en los grupos evaluados.

Finalmente, se halló una correlación positiva moderada para los varones entre su progreso en habilidades simbólicas y la exposición en su grupo escolar a estudiantes de alto rendimiento de su mismo sexo, lo que coincide con los hallazgos de Pagani y Pica (2021). Sin embargo, las niñas no mostraron mayor mejora por una exposición similar, lo que podría, en parte, explicar su desventaja en el progreso con respecto a sus pares masculinos. Es importante mencionar como limitaciones que no se contó con los datos completos de las clases para poder calcular la razón de exposición exacta, ni se analizó el posible efecto negativo de exposición a estudiantes de alto rendimiento del género opuesto en este estudio.

En suma, los resultados de este trabajo confirman el papel fundamental de la escuela en el inicio de la brecha de género en matemáticas. Si bien son varios los factores que desde allí pueden contribuir a las diferencias que se crean y profundizan entre niñas y niños a favor de ellos en matemáticas, como lo adelantaron Martinot y Dehaene (2021), el nivel socioeconómico de la escuela no parece tener un papel relevante.

Es por tanto importante continuar profundizando en investigaciones que arrojen luz sobre el origen y efectos de los estereotipos de género, tanto de docentes como de estudiantes, para poder proponer intervenciones que logren contrarrestarlos. En el caso de los docentes, se ha registrado que este sesgo puede conllevar diferencias a la hora de interactuar con los estudiantes según su género (Ortega et al., 2021), en sus expectativas de rendimiento y participación (Li, 1999; Tiedemann, 2000), así como también en su forma de evaluar a sus estudiantes (Robinson-Cimpian et al., 2014). Hacer visibles a los docentes estas diferencias en sus programas de formación podría sensibilizarlos, así como proveerles herramientas de cómo abordarlas. En cuanto a los estudiantes, su autoconcepto hacia las matemáticas, mediado por las atribuciones que hacen del juicio docente, tiene un papel fundamental sobre su posterior motivación (Tang y Zhao, 2024). Podría por tanto ser relevante trabajar este aspecto, fundamentalmente con las niñas, desde edades tempranas.

En conclusión, es fundamental para contrarrestar la brecha de género en matemáticas y su consecuente subrepresentación femenina en carreras STEM, que se incorporen políticas y

estrategias que fomenten la igualdad de género hacia las matemáticas y deconstrucción de los estereotipos hasta ahora presentes. Las escuelas, como actor principal en la enseñanza de esta disciplina y vector de los valores de género que allí se transmiten, tienen un papel fundamental, por lo que es importante su involucramiento tanto en las investigaciones que se realicen para analizar su rol, como en el diseño e implementación de políticas que planteen mayor equidad.

Referencias

- ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN PÚBLICA. (2021). *Informe por categoría de escuela 2020. Departamento de Investigación y Estadística Educativa*. <https://www.anep.edu.uy/monitorRepo/Documentos%202020/Informe%20Categoria%202020%20final.pdf>
- BAKKER, M., TORBEYNS, J., WIJNS, N., VERSCHAFFEL, L. y DE SMEDT, B. (2019). Gender equality in 4 to 5 year old preschoolers' early numerical competencies. *Developmental Science*, 22(1). <https://doi.org/10.1111/desc.12718>
- BHARADWAJ, P., DE GIORGI, G., HANSEN, D. y NEILSON, C. A. (2016). The Gender Gap in Mathematics: Evidence from Chile. *Economic Development and Cultural Change*, 65(1), 141-166. <https://doi.org/10.1086/687983>
- BLAU, F. D. y KAHN, L. M. (2017). The gender wage gap: Extent, trends, and explanations. *Journal of Economic Literature*, 55(3), 789-865. <https://doi.org/10.1257/jel.20160995>
- BREDA, T., JOUINI, E. y NAPP, C. (2023). Gender differences in the intention to study math increase with math performance. *Nature Communications*, 14(1), Artículo 3664. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39079-z>
- CARLANA, M. (2019). Implicit Stereotypes: Evidence from Teachers' Gender Bias. *The Quarterly Journal of Economics*, 134(3), 1163-1224. <https://doi.org/10.1093/qje/qjz008>
- CIMPIAN, J. R., LUBIENSKI, S. T., TIMMER, J. D., MAKOWSKI, M. B. y MILLER, E. K. (2016). Have Gender Gaps in Math Closed? Achievement, Teacher Perceptions, and Learning Behaviors Across Two ECLS-K Cohorts. *AERA Open*, 2(4), 1-19. <https://doi.org/10.1177/2332858416673617>
- CONTINI, D., DI TOMMASO, M. L. y MENDOLIA, S. (2017). The gender gap in mathematics achievement: Evidence from Italian data. *Economics of Education Review*, 58, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2017.03.001>
- CVENCEK, D., MELTZOFF, A. N. y GREENWALD, A. G. (2011). Math-Gender Stereotypes in Elementary School Children: Gender Stereotypes. *Child Development*, 82(3), 766-779. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01529.x>
- DELANEY, J. M. y DEVEREUX, P. J. (2021). High school rank in Math and English and the gender gap in STEM. *Labour Economics*, 69, Artículo 101969. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2021.101969>
- DEL RÍO, M. F., STRASSER, K. y SUSPERREGUY, M. I. (2016). ¿Son las habilidades matemáticas un asunto de género? Los estereotipos de género acerca de las matemáticas en niños y niñas de Kínder, sus familias y educadoras. *Calidad en la Educación*, (45), 20-53. <https://doi.org/10.4067/S0718-45652016000200002>
- ECCLES, J. S. (2005). Influences of parents' education on their children's educational attainments: The role of parent and child perceptions. *London Review of Education*, 3(3), 191-204. <https://doi.org/10.1080/14748460500372309>
- FISCHER, J.-P. y THIERRY, X. (2022). Boy's math performance, compared to girls', jumps at age 6 (in the ELFE's data at least). *British Journal of Developmental Psychology*, 40(4), 504-519. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12423>
- GAMBOA ARAYA, R. (2012). Gender Equality in Mathematics Education? *Revista Electrónica Educare*, 16(1), 63-78. <https://doi.org/10.15359/ree.16-1.6>
- GIRELLI, L. (2023). What does gender has to do with math? Complex questions require complex answers. *Journal of Neuroscience Research*, 101(5), 679-688. <https://doi.org/10.1002/jnr.25056>
- GUIZO, L., MONTE, F., SAPIENZA, P. y ZINGALES, L. (2008). Culture, Gender, and Math. *Science*, 320(5880), 1164-65. <https://doi.org/10.1126/science.1154094>

- HAUSMANN, R., TYSON, L. D. y ZAHIDI, S. (2006). The Global Gender Gap Report. *World Economic Forum*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_GenderGap_Report_2006.pdf
- 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>
- HYDE, J. S., LINDBERG, S. M., LINN, M. C., ELLIS, A. B. y WILLIAMS, C. C. (2008). Gender Similarities Characterize Math Performance. *Science*, 321(5888), 494-495. <https://doi.org/10.1126/science.1160364>
- KERSEY, A. J., CSUMITTA, K. D. y CANTLON, J. F. (2019). Gender similarities in the brain during mathematics development. *NPJ Science of Learning*, 4(19). <https://doi.org/10.1038/s41539-019-0057-x>
- LI, Q. (1999). Teachers' beliefs and gender differences in mathematics: A review. *Educational Research*, 41(1), 63-76. <https://doi.org/10.1080/0013188990410106>
- MAICHE, A., DE LEÓN, D., PUYOL, L., DÍAZ-SIMÓN, N., LÓPEZ, F. y SAN ROMÁN, N. (2022). *Prueba Uruguaya de Matemática: PUMa* (Versión 1.0.10) [Software]. Universidad de la República. <https://puma.cicea.uy/>
- MARTINOT, P. y DEHAENE, S. (2021). *Qu'apprend-on des évaluations de CP-CE1? Note du Conseil scientifique de l'éducation nationale (CSEN)*. (Note n.º 3). https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/Note_CSEN_2021_03.pdf
- MEJÍA-RODRÍGUEZ, A. M., LUYTEN, H. y MEELISSEN, M. R. M. (2021). Gender Differences in Mathematics Self-concept Across the World: An Exploration of Student and Parent Data of TIMSS 2015. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(6), 1229-1250. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10100-x>
- NOLLENBERGER, N., RODRÍGUEZ-PLANAS, N. y SEVILLA, A. (2016). The Math Gender Gap: The Role of Culture. *American Economic Review*, 106(5), 257-261. <https://doi.org/10.1257/aer.p20161121>
- ORTEGA, L., TREVIÑO, E. y GELBER, D. (2021). La inclusión de las niñas en las aulas de matemáticas chilenas: sesgo de género en las redes de interacciones profesor-estudiante. *Journal for the Study of Education and Development*, 44(3), 623-674. <https://doi.org/10.1080/02103702.2020.1773064>
- PAGANI, L. y PICA, G. (2021). A Peer like Me? Early Exposure to High Achievers in Math and Later Educational Outcomes. Centro Studi Luca d'Agliano. *Development Studies Working Paper*, (476). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3895578>
- REILLY, D., NEUMANN, D. L. y ANDREWS, G. (2019). Investigating Gender Differences in Mathematics and Science: Results from the 2011 Trends in Mathematics and Science Survey. *Research in Science Education*, 49, 25-50. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9630-6>
- ROBINSON-CIMPANI, J. P., LUBIENSKI, S. T., GANLEY, C. M. y COPUR-GENCTURK, Y. (2014). Teachers' perceptions of students' mathematics proficiency may exacerbate early gender gaps in achievement. *Developmental Psychology*, 50(4), 1262-1281. <https://doi.org/10.1037/a0035073>
- SAN ROMÁN, N. (2023). *Matemática temprana y género: un análisis de resultados en escuelas uruguayas*. [Trabajo final de grado]. Facultad de Psicología, Universidad de la República https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/37071/1/tfg_nathalia_sanroman.pdf
- SPELKE, E. S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science? A critical review. *American Psychologist*, 60(9), 950-958. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.60.9.950>
- TANG, C. y ZHAO, L. (2024). Gender Social Norms and Gender Gap in Math: Evidence and Mechanisms. *Applied Economics*, 56(17), 2039-2057. <https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2178631>
- THE JAMOVI PROJECT (2024). *Jamovi* (Versión 2.6) [Software]. <https://www.jamovi.org>
- TIEDEMANN, J. (2000). Gender-related beliefs of teachers in elementary school mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 41(2), 191-207. <https://doi.org/10.1023/A:1003953801526>
- WANG, M.-T. y DEGOL, J. L. (2017). Gender Gap in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Current Knowledge, Implications for Practice, Policy, and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 29, 119-140. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355-x>

YAZILITAS, D., SVENSSON, J., DE VRIES, G. y SAHARSO, S. (2013). Gendered study choice: A literature review. A review of theory and research into the unequal representation of male and female students in mathematics, science, and technology. *Educational Research and Evaluation*, 19(6), 525-545. <https://doi.org/10.1080/13803611.2013.803931>

ZHOU, J. y URHAHNE, D. (2013). Teacher judgment, student motivation, and the mediating effect of attributions. *European Journal of Psychology of Education*, 28(2), 275-295. <https://doi.org/10.1007/s10212-012-0114-9>

