

Argumentar para aprender: El impacto de promover la argumentación en el desempeño de las matemáticas en el aula

Luis Velastegui Martínez

Centro de Justicia Educativa (CJE)

Facultad de Educación

Pontificia Universidad Católica de Chile

Octubre 23 de 2025

I. Contexto

UNESCO

La competencia matemática:

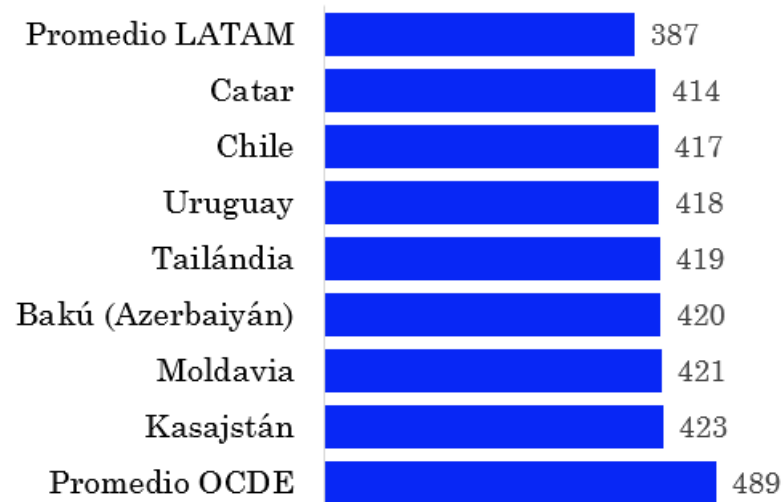
- Es importante porque fomenta el **desarrollo del pensamiento crítico**, habilidad esencial en el siglo XXI.
- El desarrollo del pensamiento crítico **se da mediante un proceso de argumentación** (Wang & Abdullah, 2024; Syafrill & et alter, 2020).
- ¿Cómo podemos desarrollar procesos argumentativos al interior de las aulas para promover la competencia en matemáticas?



Chile.- Aprendizajes en matemáticas

- Chile: Debajo del promedio OCDE y al nivel de Uruguay.

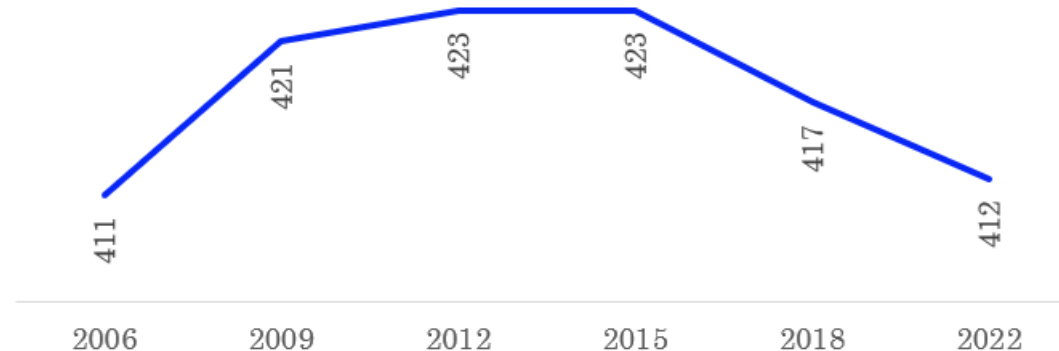
PISA 2018: Competencia Matemática



Fuente: Reporte PISA 2018 (OCDE).

- Chile: Estancamiento de aprendizajes en matemáticas.

Tendencia en Matemática 2006-2022



Fuente: Informe Nacional PISA 2022. Agencia de la Calidad de la Educación.

NACIONAL

Desde 2018: Resultados muestran estancamiento en el aprendizaje en los últimos años

Esta mañana, el Ministerio de Educación dio a conocer los resultados de la prueba aplicada el año pasado a alumnos de 4° y 6° básico y II medio, en las asignaturas de Lenguaje, Matemáticas y Ciencias.

Por Claudia Soto y Carlos Said

16 MAYO 2019

- Estudios cualitativos que promueven la argumentación en matemáticas dan cuenta que:
 - Cuando existen **duplas** (Docente – Asistente de aula) es mucho más fácil promover la argumentación en el aula (Solar & et alter, 2025).
 - **Promocionar la argumentación** en el aula permite **identificar patrones de pensamiento**, permitiendo la enseñanza más efectiva. (Solar, 2018)
- ¿Cómo afectan a los aprendizajes en matemáticas cuando un docente recibe una capacitación que favorezca la argumentación en matemáticas?

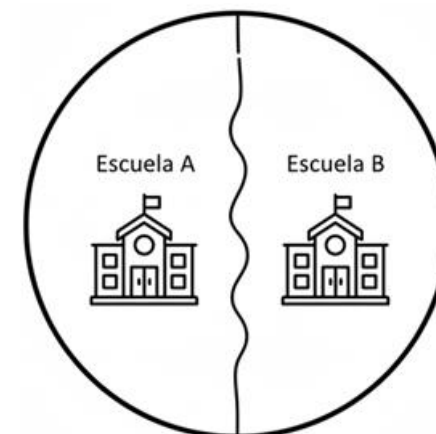
II. Diseño de la evaluación

- **Elementos de diseño** para la evaluación de impacto:
 - Muestra –por conveniencia- de colegios (N=50)
 - Unidad de tratamiento: Escuela
 - Unidad de análisis: Estudiante (Prueba de aprendizaje)
- **Timeline**
 - Línea base: 2018. Evaluación al inicio del año académico.
 - Implementación: Capacitación entre mayo a noviembre.
 - Evaluación final: Noviembre, 2018.

- Fuente primaria de datos:
 - Test estandarizado (SEPA-UC).
 - Cuestionario de factores asociados a apoderados.
 - CLASS

N = 50 colegios públicos, RM

- Asignación del colegio a los grupos es **aleatorio**.
- 23 colegios, grupo tratados (705 estudiantes)
- 27 colegios, grupo de control (877 estudiantes)
- 1582 estudiantes en total



III. Descripción del programa de capacitación

Capacitación (2018): Argumentación en matemática

Mayo

**Metodología de capacitación:
Modelo de mejoramiento de la experiencia docente**

Noviembre

- Perfil de ingreso:
 - Conocimiento disciplinar y curricular.
 - Experiencia en aula

- Aprobación mínima:
 - > 75% asistencia
 - Nota mínima (4 / 7)



Capacitación (2018): Argumentación en matemática

Mayo

¿En qué consiste el Modelo de mejoramiento de la experiencia docente?

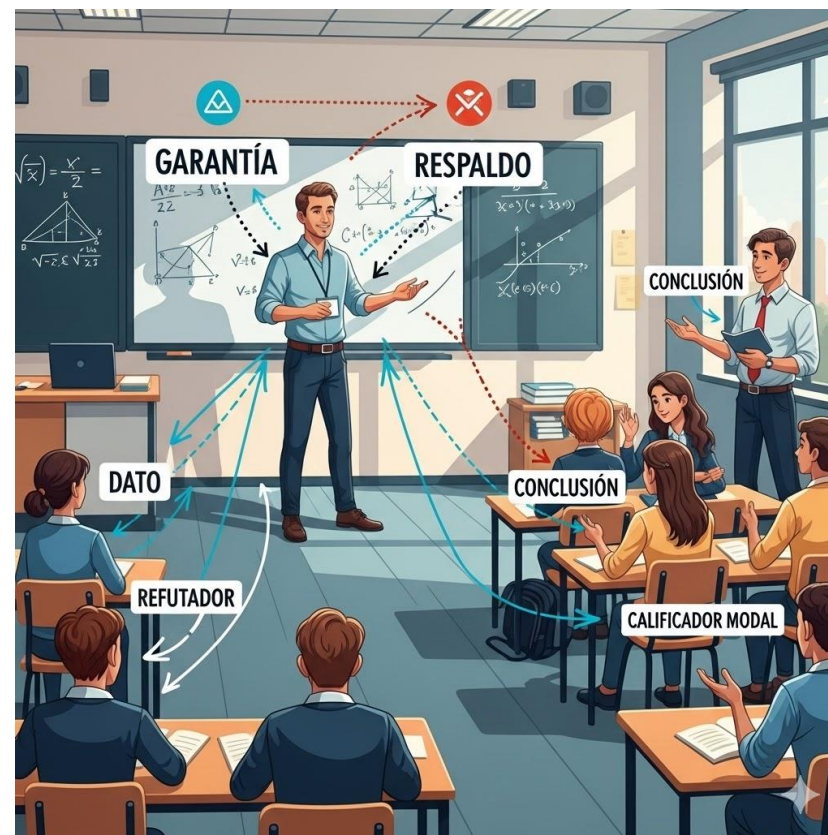
Noviembre



- El modelo se centra en el [análisis de la práctica por medio de uso de videos:](#)
 1. **¿Qué puedo aprender de los otros?.-**
 2. **¿Qué puedo aprender de mi propia Práctica?**
Apropiarse de las estrategias que promocionan la argumentación.
 3. **Diseño e implementación:** Docente recibe capacitación para diseñar una clase que favorezca la argumentación.
 4. **Reflexión de la práctica.-** Docente se autoevalúa y evalúa a sus pares.

¿Cómo se fomenta la argumentación?: **Modelo de Toulmin**

- El modelo de Toulmin **proporciona** una estructura para el **análisis del discurso argumentativo**.
- Para llevar el proceso argumentativo **los docentes fueron capacitados para:**
 - Desarrollar preguntas que motive la deliberación
 - Promocionar la participación
 - Gestionar el error



IV. Análisis descriptivo de los datos

Número de escuelas	Control (N=27)		Tratado (N= 23)		Diferencia	Estadístico t
<u>Características de las escuelas</u>						
Promedio Test SEPA Matemáticas 2018 (7mo. Básico)	565		559		5,83	3,77***
Error estándar	0,98		1,19			
<u>Características del aula</u>						
	Control (N=29)		Tratado (N=22)		Diferencia	Estadístico t
Apoyo Emocional	4,1		4,07		0,027	0,16
Error estándar	0,12		0,13			
Organización de aula	6,34		6,18		0,16	0,66
Error estándar	0,22		0,08			
Apoyo pedagógico	2,98		3,25		-0,27	-1,56
Error estándar	0,11		0,13			
Participación	4,35		4,41		-0,06	-0,31
Error estándar	0,14		0,11			
<u>Características Sociodemográficas</u>						
	Control (N=877)		Tratado (N=705)		Diferencia	Estadístico z
<u>De los estudiantes</u>						
Género (Niñas)	0,44	N=877	0,46	N=705	-0,02	-0,89
Error estándar	0,016		0,018			
Migrante	0,30	N=616	0,34	N=496	-0,05	-1,60
Error estándar	0,018		0,021			
Repetición de curso	0,24	N=611	0,22	N=497	0,03	0,99
Error estándar	0,017		0,018			
Trabaja	0,046	N=624	0,031	N=501	0,01	1,23
<u>De los docentes</u>						
Nro. Libros en casa	2,31	N=472	2,23	N=392	0,07	0,91
Error estándar	0,055		0,0611			
Año nacimiento	2005	N=588	2005	N=479	0,00	-0,18
Error estándar	0,035		0,037			
Pctje de personas en pobreza según comuna	20,60	N=576	20,37	N=463	0,23	0,53
Error estándar	0,29		0,31			
Escolaridad madre	2,69	N=466	2,68	N=373	0,02	0,25
Error estándar	0,048		0,056			
Expectativas educativas	4,57	N=620	4,59	N=507	-0,02	-0,43
Error estándar	0,026		0,031			

(***, 1% de significancia)

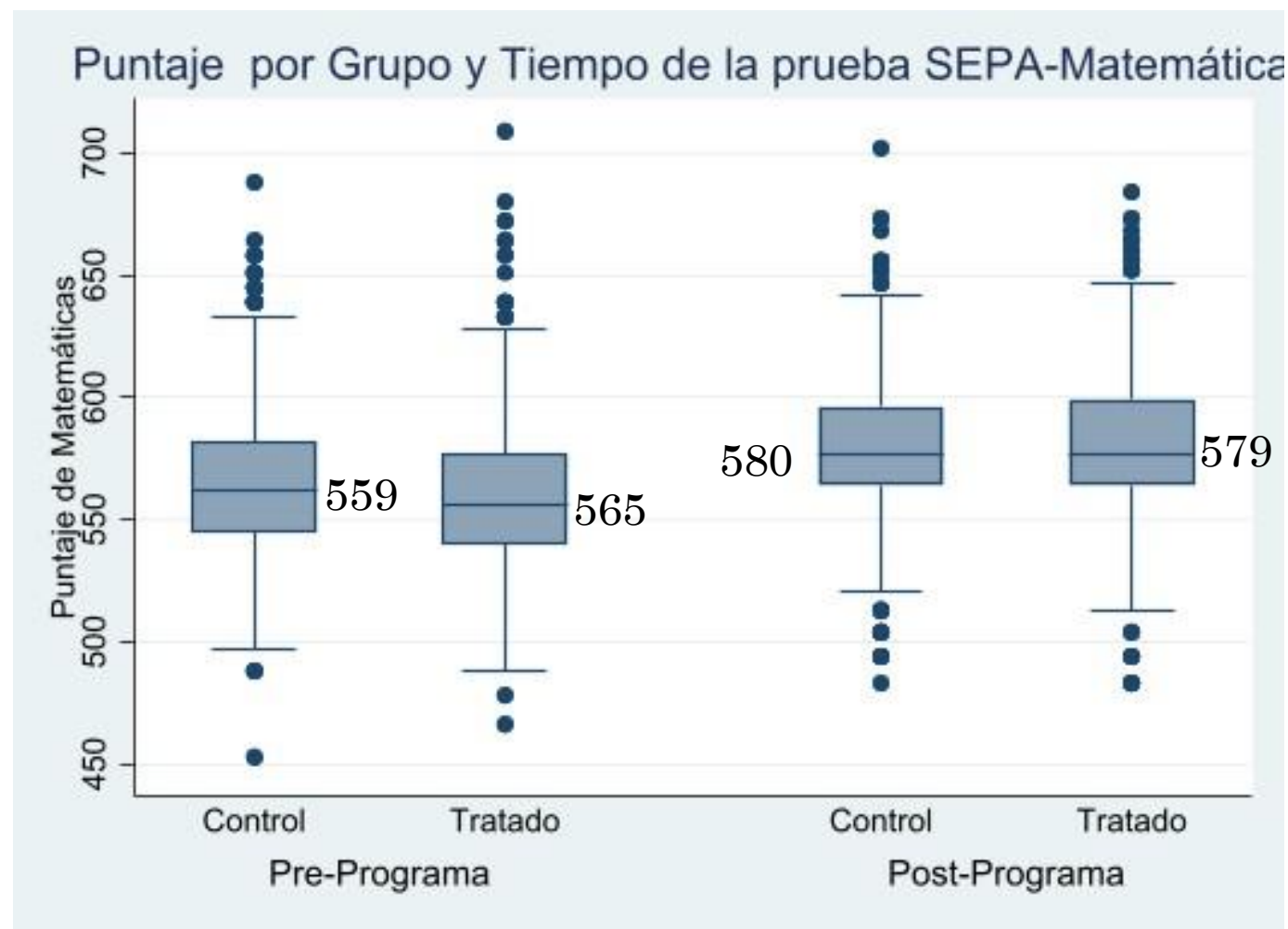
(**, 5% de significancia)

(*, 10% de significancia)

Los resultados en línea base dan cuenta de al menos no existen diferencias estadísticamente significativas a nivel de aula y a nivel sociodemográfico.

Prueba SEPA - Matemáticas

- ¿El programa afectó los resultados de los estudiantes?
- En $T = 0$, se aplicó una prueba con base en el currículum escolar visto en 6to De educación básica.
- En $T = 1$ se aplicó una prueba con base en el currículum escolar visto en 7mo De educación básica.



V. Estrategia empírica

- Se aprovecha la asignación aleatoria de las escuelas al grupo de tratamiento y de control.
- Se estima **el impacto de ofrecer el programa de capacitación a las escuelas** (Modelo de panel con efectos fijos)
- No todos los docentes asistieron al curso y lo reprobaron: 11 / 25 docentes reprobaron el curso. (Modelo de Panel con efectos Fijos y Var. instrumentales, aprovechando la asignación aleatoria). **Efecto del programa sobre los que verdaderamente asistieron.**

❖ Panel con efectos fijos

$$y_{ist} = \alpha + \varphi Post_t + \beta(Post_t \times Tratado_s) + \beta(Género_i \times Post_t \times Tratado_s) + \delta_s + \varepsilon_{ist}$$

❖ Modelo de regresión cuantílica (Panel con efectos fijos) **(Machado & Santos-Silva, 2019)**

$$\gamma_{ist} = \beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)Tr_s + \beta_2(\tau)Post_t + \beta_\tau(\tau)(Tr_s \times Post_t) + \beta(Género_i \times Post_t \times Tratado_s) + \delta_s + \varepsilon_{it}$$

❖ Panel con efectos fijos (IV)

$$D_{st} = \gamma_0 + \gamma_1(Post_t \times Tratado_s) + \delta_s + \epsilon_{st} \quad -- > 1ra. etapa$$

$$y_{ist} = \tau + \varphi Post_t + \beta_{TOT}\hat{D}_{st} + \delta_s + \varepsilon_{ist} \quad -- > 2da. etapa$$

Modelo de Panel con efectos Fijos

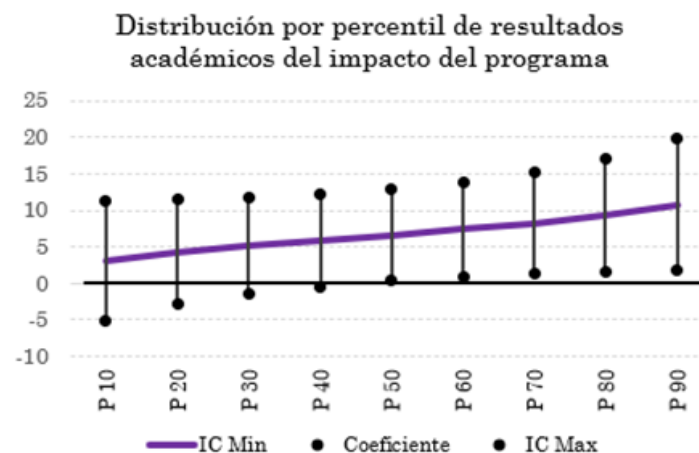
Var. Dependiente: Puntaje z de matemáticas			
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Constante	-0,07*** (0,02)	-0,07*** (0,02)	-0,08*** (0,02)
Post	0,48*** (0,06)	0,48*** (0,06)	0,51*** (0,05)
Post x Tratado	0,15 (0,11)	0,25** (0,11)	0,23** (0,11)
Genero x Post x Tratado		-0,2* (0,12)	-0,17* (0,10)
Cuantil 25			
Post x Tratado			0,16 (0,12)
Genero x Post x Tratado			-0,11 (0,10)
Cuantil 50			
Post x Tratado			0,23* (0,11)
Genero x Post x Tratado			-0,17 (0,10)
Cuantil 75			
Post x Tratado			0,30*** (0,12)
Genero x Post x Tratado			-0,25* (0,12)
Panel	Efectos Fijos	Efectos Fijos	Efectos Fijos
Sigma_u	0,91	0,91	
Sigma_e	0,71	0,72	
Rho	0,61	0,62	
Nro. observaciones	2832	2832	2832
Nro. Grupos (escuelas)	50	50	50

Género (1, si es niña); Post (1, si corresponde luego del Tratamiento); Tratado(1, si la escuela fue asignada aleatoriamente al grupo de tratamiento)

:*p<0,10 ; **p<0,05 ; ***p<0,01

Los errores corresponden a errores estándar robustos

- A nivel distributivo:
 - El programa de capacitación es efectiva.
 - Beneficia predominantemente a los estudiantes con mejor rendimiento (cuantiles superiores)
 - En la parte alta de la distribución de resultados, sugieren una ampliación de la brecha de aprendizajes.
 - Pareciera que el programa no fue tan equitativo como se esperaba.



Modelo de panel con EF (IV) – Efecto del programa en los tratados

Var. Dependiente: Puntaje z de matemáticas	
Constante	-0,07*** (0,02)
Post	0,48*** (0,06)
Post x Tratado (Instrumento)	0,58** (0,30)
Género x Post x Tratado	-0,211** (0,11)
Nro. observaciones	2832
Nr. Clusters	50
Género (1, si es niña); Post (1, si corresponde luego del Tratamiento); Tratado(1, si la escuela fue asignada aleatoriamente al grupo de tratamiento)	
: *p<0,10 ; **p<0,05 ; ***p<0,01	
Los errores corresponden a errores estándar	

- Pese a que la asignación de las escuelas fue aleatoria, 11 / 25 docentes no aprobaron el curso por asistencia. **¿Cómo abordamos la endogeneidad?**
- La aleatorización fue utilizada como instrumento porque es exógena a la participación del docente.
- Para evaluar el impacto del programa entre los que efectivamente decidieron participar se usa:
 - Modelo Panel con efectos fijos para controlar por var. Invariantes a nivel de escuela que pudiesen correlacionar con la participación en el programa.
 - Var. Instrumentales: Para corregir la endogeneidad de la decisión de participar por parte del docente.
- Los **resultados** dan cuenta de un **impacto positivo** del programa entre los asistieron.
- El tamaño del efecto **es mediano**.
- Los resultados fueron muchos mejores para niños respecto de las niñas.

¿Qué lecciones podemos aprender de este programa?

1. El programa tuvo impacto. **Funciona !!**.
 - **Desafío:** De escalarse, se debe enfocar en el cumplimiento de asistencia y aprobación por parte de docentes.
2. **Funciona para** los alumnos de la parte alta de distribución de resultados. Es decir, para alumnos que ya están encaminados. ¿Cómo lidiar con la heterogeneidad? ¿Enseñanza diferenciada? ¿Tutorías focalizadas a los alumnos de la parte baja de la distribución?.
 - **Desafío:** Incluir en la capacitaciones estrategias de enseñanza diferenciada o de apoyo remedial.
3. El programa no está favoreciendo la equidad de género. El programa beneficia casi el doble a los niños respecto de las niñas. Y en la parte alta de la distribución, el efecto en niñas es casi nulo.
 - **Desafío:** Incorporar prácticas docentes que mitiguen la brecha de resultados.

Argumentar para aprender: El impacto de promover la argumentación en el desempeño de las matemáticas en el aula

Luis Velastegui Martínez

Centro de Justicia Educativa (CJE)

Facultad de Educación

Pontificia Universidad Católica de Chile

Octubre 23 de 2025