

Cambiar las creencias y el rendimiento en matemáticas: Las sinergias entre las ideas de mentalidad y enseñanza eficaz

Por Jo Boaler (joboaler@stanford.edu), Jack Dieckmann (jackd1@stanford.edu) y

Riley Loos (riloos@stanford.edu).

Universidad de Stanford, Estados Unidos de América.

Traducido al español por *Mentu*

Resumen

Este artículo revisa investigaciones que muestran la importancia de cambiar las mentalidades y las creencias de los estudiantes sobre las matemáticas, y el beneficio que tiene incorporar ideas de mentalidad de crecimiento en la enseñanza de las matemáticas. Investigaciones previas han demostrado que esta incorporación genera un aumento en la motivación y la actividad cerebral de los alumnos cuando enfrentan problemas de matemáticas. Este artículo propone pasar de centrarse únicamente en mensajes de mentalidad positiva hacia la reorganización de los entornos de aprendizaje y de los enfoques de enseñanza, a lo que llamamos un enfoque de Mentalidades Matemáticas. También presenta los resultados de un campamento de verano que fue diseñado con un enfoque de mentalidad matemática y fue puesto a prueba en 10 distritos de Estados Unidos y en cuatro países.

Palabras clave: matemáticas; mentalidades; neurociencia; campamento; ansiedad matemática.

Introducción

El rendimiento en matemáticas es importante para los jóvenes porque contribuye a una trayectoria que aleja a los estudiantes de la pobreza y los acerca a una mayor prosperidad y salud (OECD, 2019). Pero la mayoría de los países informan que el

rendimiento en matemáticas es bajo y que los sentimientos negativos hacia las matemáticas están muy extendidos (Hecht et al., 2023). Los expertos en educación matemática han aportado mucho para comprender el origen de los sentimientos negativos de los estudiantes hacia las matemáticas y han propuesto un enfoque de aprendizaje que resulta agradable y con impacto (Driscoll, 1999; Blum, 2011; Schoenfeld & Sloane, 2016; Gutierrez, 2000; Boaler, 2022), pero los sistemas son lentos y difíciles de cambiar, y el enfoque que ha producido un desinterés generalizado —la enseñanza procedimental con pruebas frecuentes— sigue siendo predominante. Además de la prevalencia de la enseñanza procedimental, el cambio suele estar limitado por la falta de atención de los educadores a los sentimientos de los estudiantes sobre las matemáticas y sobre sí mismos (Cheng, 2022; Suri, 2023).

Muchas personas creen que la cognición y el aprendizaje del estudiante no están relacionados con sus creencias y sentimientos, y que estos existen en partes distintas de la mente y del cerebro. Pero investigaciones recientes están mostrando las interrelaciones entre ideas y conocimientos, y la importancia de prestar atención a las formas en que los jóvenes piensan sobre las matemáticas y sobre su propio potencial para aprender (Chen et al., 2018). Este artículo revisará parte de esta importante investigación y desentrañará las complejas relaciones entre creencias matemáticas, mentalidad, rendimiento y enseñanza.

Ansiedad matemática

Se sabe desde hace tiempo que los estudiantes con actitudes positivas hacia su aprendizaje alcanzan niveles más altos (Aiken & Dreger, 1961; Aiken, 1976). Las actitudes positivas reducen la ansiedad hacia el aprendizaje, mejoran la motivación y refuerzan la perseverancia de los estudiantes (Pajares & Miller, 1994; Singh et al., 2002). Lamentablemente, los sentimientos negativos hacia las matemáticas son habituales, independientemente del nivel de rendimiento. En algunas personas, los sentimientos negativos alcanzan el nivel de lo que se ha denominado “ansiedad matemática”: una condición incapacitante que a menudo comienza a una edad temprana (Ramírez et al., 2018) y se agrava a medida que las personas avanzan en su vida.

La ansiedad matemática se caracteriza por una intensa respuesta emocional que surge en situaciones relacionadas con las matemáticas, lo que conduce a conductas de evitación, reducción de la confianza y, en última instancia, a un descenso del desempeño matemático (Suárez-Pellicioni et al., 2016). El impacto de la ansiedad matemática es significativo, e investigaciones sugieren que puede provocar una disminución en el



desempeño equivalente a casi un año de escolaridad (Suárez-Pellicioni et al., 2016). Este descenso no se limita al aula: las personas con alta ansiedad matemática tienden a rendir peor en pruebas de matemáticas, especialmente cuando se enfrentan a problemas complejos que requieren pensamiento de orden superior y habilidades de resolución de problemas (Suárez-Pellicioni et al., 2016).

La ansiedad matemática también puede afectar negativamente al desarrollo profesional, al empleo y a las perspectivas salariales. El miedo y la evitación de tareas relacionadas con las matemáticas pueden limitar las opciones de carrera, particularmente en campos que requieren una base sólida en matemáticas. Esto puede conducir a un ciclo en el que las personas con esta ansiedad evitan carreras en campos intensivos en matemáticas, perpetuando aún más el estereotipo de que las matemáticas son difíciles e inaccesibles (Suárez-Pellicioni et al., 2016). Los científicos incluso han descubierto que, cuando a las personas con ansiedad matemática se les plantean preguntas de matemáticas, se activa en sus cerebros el mismo centro del miedo que se activa cuando vemos serpientes y arañas. A medida que se activa el centro del miedo del cerebro, disminuye la actividad en los centros de resolución de problemas del cerebro. (Young et al., 2012).

Aunque la ansiedad matemática ha sido ampliamente estudiada, nuevas investigaciones han permitido un avance en el campo al examinar, en general, la base neurológica de las creencias matemáticas. Chen et al. (2018) encontraron que el gusto de los estudiantes hacia las matemáticas se correlacionaba con su rendimiento en matemáticas (lo que no necesariamente sucede con su rendimiento en lectura de textos), incluso sin tener en cuenta el coeficiente intelectual, la edad, la memoria de trabajo y la ansiedad matemática. De manera significativa, los investigadores también encontraron que las actitudes positivas se relacionaban con la actividad en el hipocampo —activando las regiones derecha e izquierda del hipocampo—. Esto es importante porque muchas personas —dentro y fuera del mundo científico— creen que las actitudes de las personas no están relacionadas con su cognición matemática y que existen en una parte diferente del cerebro. Pero el hipocampo es una de las regiones más matemáticas del cerebro porque desempeña un papel vital en el aprendizaje y en la navegación espacial (Beilock, 2015). Chen et al. (2018) hallaron que lo que la gente cree sobre las matemáticas cambia el funcionamiento de su hipocampo, lo que subraya la importancia de cultivar creencias positivas y evitar prácticas y mensajes que conduzcan a la aversión y a la ansiedad hacia las matemáticas.



Investigación desde la neurociencia

Un área prometedora de investigación para desarrollar ideas positivas sobre las matemáticas proviene de la investigación sobre el cerebro y el aprendizaje. Un ciclo que conduce a la ansiedad y al rechazo de las matemáticas surge cuando los estudiantes tienen dificultades con la materia y creen —o se les dice— que no tienen un “cerebro para las matemáticas”. Esto a menudo hace que los estudiantes se rindan y cuestionen su potencial no solo como aprendices de matemáticas, sino como personas. Por ello, es especialmente importante compartir con los estudiantes la investigación sobre la plasticidad cerebral. Los neurocientíficos han mostrado que la idea generalizada de que el rendimiento en matemáticas requiere talento innato es un mito, con evidencias de que todos los cerebros tienen potencial para crecer, desarrollarse y cambiar (Merzenich, 2013; Doidge, 2007).

La receptividad del cerebro al cambio está influida por factores como la atención, la motivación y el compromiso. Cuando las personas están dispuestas, concentradas y motivadas, el cerebro libera sustancias químicas que facilitan la plasticidad y permiten el aprendizaje. La plasticidad cerebral se produce mediante el fortalecimiento de conexiones entre neuronas que se activan simultáneamente en actividades específicas (Merzenich, 2013).

Como evidencia adicional de la maleabilidad del cerebro, se ha demostrado que las intervenciones educativas inducen neuroplasticidad. Esto conduce a una mejora de los resultados de los alumnos. Luculano y colegas (2015) proporcionaron a estudiantes de 9 años con dificultades de aprendizaje moderadas y severas en matemáticas un tratamiento de 8 semanas de tutoría cognitiva individual. Las sesiones de tutoría consistieron en juegos y actividades que reforzaban el conocimiento de los números, las estrategias numéricas y el conocimiento sistemático de las familias numéricas. Al finalizar la intervención de 8 semanas, los estudiantes alcanzaron los mismos niveles que los estudiantes sin dificultades y mostraron el mismo funcionamiento cerebral. Las imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI) del antes y el después mostraron patrones de activación cerebral indistinguibles de los de estudiantes con desarrollo típico. Los resultados de fluidez numérica tampoco mostraron brecha entre estudiantes con y sin este diagnóstico.

Además de la neurociencia, los relatos personales son importantes para desmentir el mito de los cerebros fijos. El testimonio de Letchford (2018) es un ejemplo, ya que describe su trayecto parental con su propio hijo, quien fue diagnosticado con

necesidades educativas especiales significativas pero terminó obteniendo un doctorado en matemáticas aplicadas en la Universidad de Oxford.

Investigación sobre mentalidad

Una de las áreas de investigación más significativas que ha mostrado la importancia de cambiar las ideas de los estudiantes sobre su propio potencial proviene de la investigación sobre la mentalidad, iniciada por la psicóloga de Stanford, Carol Dweck. Décadas de investigación han mostrado que los estudiantes difieren en sus creencias sobre su propio potencial, teniendo lo que ella denominó mentalidades “fijas” o “de crecimiento”. Las personas con una mentalidad fija creen que su inteligencia, talentos y habilidades son rasgos fijos e inmutables. A menudo se enfocan en documentar su inteligencia en lugar de desarrollarla. En contraste, las personas con una mentalidad de crecimiento creen que sus habilidades pueden desarrollarse mediante dedicación y trabajo arduo. Ven la inteligencia como un potencial que puede realizarse mediante el esfuerzo y el aprendizaje. Estas personas tienden a abrazar los desafíos, persistir ante los contratiempos, ver el esfuerzo como un camino hacia el dominio, aprender de la crítica y encontrar lecciones e inspiración en el éxito de otros (Dweck, 2006).

La investigación de Dweck ha mostrado que los estudiantes con mentalidad de crecimiento tienden a lograr más que aquellos con mentalidad fija porque se preocupan menos por parecer inteligentes y dedican más energía al aprendizaje. Cuando se ayuda a los estudiantes a desarrollar una mentalidad de crecimiento, a menudo muestran un aumento en sus calificaciones y niveles de logro (Blackwell et al., 2007). Dweck y sus colegas han desarrollado intervenciones de mentalidad para ayudar a los estudiantes a desarrollar una mentalidad de crecimiento —compartiendo información sobre el crecimiento del cerebro, separada de mensajes de contenido específico—. Estas intervenciones, que enseñan a los estudiantes que el cerebro es como un músculo que se fortalece con el uso, han mostrado resultados positivos al mejorar la motivación de los estudiantes (Yeager et al., 2019).

Yeager et al. (2019) realizaron un estudio de referencia en Estados Unidos con una muestra representativa nacional de estudiantes de noveno grado con rendimientos bajos. La intervención se impartió completamente en línea y duró aproximadamente una hora en total. Estudiantes en las mismas escuelas fueron asignados aleatoriamente a grupos de tratamiento y control, dando peso a sus inferencias causales. Los resultados fueron abrumadoramente positivos y mostraron que los estudiantes del tratamiento cambiaron hacia una mentalidad de crecimiento, según lo medido por



encuestas, aumentaron su GPA general (promedio de calificaciones), incluyendo cursos de matemáticas y ciencias, y tomaron cursos de matemáticas más avanzados en el año siguiente. El estudio mostró que una intervención de mentalidad cambió las mentalidades académicas y las trayectorias de aprendizaje de los estudiantes de noveno grado. Un análisis de seguimiento mostró que las escuelas con prácticas y normas de aula alineadas con una mentalidad de crecimiento tendían a tener resultados más sostenidos, como un mayor seguimiento de cursos de matemáticas. Esto es importante porque apunta a la necesidad de incorporar ideas de mentalidad en los enfoques del aula, como se comparte en secciones posteriores de este artículo.

Mentalidad y estereotipos

Una de las aplicaciones más prometedoras de la investigación sobre mentalidad es contrarrestar estereotipos negativos sobre quién puede alcanzar altos logros en matemáticas. Steele (2011) desarrolló la idea de la amenaza del estereotipo, que se refiere a la experiencia de ansiedad o preocupación que se desarrolla cuando una persona teme confirmar un estereotipo negativo sobre su grupo social —como el estereotipo de que los hombres son mejores en matemáticas—. El impacto negativo de la idea de que el éxito en matemáticas requiere brillantez innata se ve agravado por ideas estereotipadas sobre quién posee esa brillantez, frecuentemente atribuida a hombres y a personas blancas y asiáticas.

Cimpian y Leslie (2017) llevaron a cabo investigaciones pioneras en las que mostraron que, cuanto más creen los profesores en diferentes campos académicos en la idea de un don, menor es la participación de mujeres y personas de color en su campo. Las matemáticas es uno de los campos con el mayor número de profesores que creen que los estudiantes necesitan un don innato para tener éxito (Cimpian & Leslie, 2017; Chestnut et al., 2018).

En un estudio con casi 600 estudiantes con una edad mediana de 11 años, Bagès y colegas (2016) estudiaron los efectos de proporcionar a los estudiantes cuadernillos sobre diferentes modelos a seguir antes de darles una prueba de matemáticas difícil. Con asignación aleatoria a grupos de tratamiento, los estudiantes recibieron cuadernillos que: a) explicaban cómo el modelo a seguir trabajó arduamente para lograr una alta puntuación en matemáticas (mentalidad de crecimiento); b) explicaban cómo el estudiante era naturalmente bueno en la materia (mentalidad fija); o c) no proporcionaban ninguna explicación. Los modelos a seguir en los cuadernillos eran hombres y mujeres. Los resultados mostraron que las niñas puntuaron tan alto como

los niños cuando se les dieron modelos a seguir que transmitían mensajes de mentalidad de crecimiento, independientemente del género del modelo. Las niñas rindieron por debajo de los niños cuando se les dieron modelos que señalaban una explicación de dotación (mentalidad fija) o cuando no se daba ninguna explicación. Los autores proponen que dar a las niñas mensajes sobre la maleabilidad de la inteligencia puede contrarrestar ideas estereotipadas que se les han transmitido y hacer que el logro en matemáticas sea más equitativo.

O'Rourke y colegas (2014) demostraron que los juegos educativos también pueden incorporar intervenciones de mentalidad. Ajustando las estructuras de incentivos para promover ideas de mentalidad de crecimiento, los juegos educativos pueden fomentar la creencia de que la inteligencia es maleable. Los investigadores siguieron a 15.000 estudiantes de primaria y observaron que el grupo que recibió dichas modificaciones de incentivos —particularmente los estudiantes de bajo rendimiento— persistió más tiempo en el juego, empleó una gama más amplia de estrategias y mantuvo el compromiso a pesar de los desafíos.

Las ideas sobre la mentalidad no solo son importantes para el aprendizaje; los investigadores han demostrado que la creencia central —que el cambio es posible— impacta la condición física y la salud de las personas (Zahrt & Crum, 2020), y puede ayudar a los estudiantes a moderar la agresividad (Yeager et al., 2013).

A pesar del abanico de evidencias positivas que respaldan la importancia de cambiar las mentalidades de los estudiantes y contrarrestar estereotipos, algunos investigadores han encontrado difícil replicar los efectos de las intervenciones de mentalidad (Brez et al., 2020; Rienzo et al., 2015). En particular, para este artículo y para el campo, los investigadores encuentran poco o ningún impacto cuando se ofrecen intervenciones de mentalidad que solo intentan cambiar las ideas de los estudiantes sin cambiar las prácticas de enseñanza que experimentan. Tales intervenciones han llevado a que otros académicos critiquen la idea de mentalidad (Kohn, 2015), afirmando que sitúa la responsabilidad del cambio en los estudiantes, en lugar de en sus entornos de enseñanza o en los sistemas más amplios en los que aprenden y trabajan.

Mentalidades y enseñanza

Afortunadamente, el campo de la investigación sobre mentalidad ahora se está expandiendo para incluir intervenciones que apuntan a crear entornos de enseñanza que infundan ideas de mentalidad a través de prácticas, en lugar de compartir ideas

aisladas de mentalidad de crecimiento que a menudo son contradichas por prácticas de enseñanza fijas.

Dweck y Yeager (2019) describen las fronteras más recientes de la investigación sobre mentalidad como estudios que consideran la construcción de culturas de mentalidad de crecimiento. En su trabajo con docentes, encontraron que quienes profesaban tener una mentalidad de crecimiento a menudo implementaban prácticas que, sin querer, contradecían esos mensajes. A esto se le ha denominado una “falsa mentalidad de crecimiento” (Dweck, 2015; Gross-Loh, 2016). Una versión de prácticas de falsa mentalidad es cuando los docentes dicen a los estudiantes que pueden aprender y que deben esforzarse más, pero presentan preguntas de matemáticas cortas, procedimentales y cerradas. Cuando los estudiantes no ven una manera de aprender y crecer, los mensajes de mentalidad pierden eficacia. Boaler y colegas han definido un enfoque en Mentalidades Matemáticas como aquellas que apoyan las ideas de mentalidad de crecimiento proporcionando tareas más abiertas, en las que los estudiantes pueden ver su aprendizaje y crecimiento, junto con sistemas de evaluación que brindan retroalimentación y oportunidades para revisar su trabajo (Boaler, 2022).

Daly, Bourgaize y Vernitski (2019) estudiaron el impacto de un enfoque de mentalidad matemática en estudiantes que aprendían matemáticas en la universidad. Investigadores en matemáticas, psicología y neurociencia estudiaron cerebros de estudiantes trabajando con tareas matemáticas estrechas o más abiertas. Mediante electroencefalogramas (EEG), ellos buscaron la estimulación de áreas cerebrales asociadas con la motivación. Esta colaboración interdisciplinaria encontró que los estudiantes que recibieron problemas matemáticos estándar en pruebas reportaron menos interés en continuar la prueba a medida que respondían a más preguntas. Por el contrario, los estudiantes que respondían problemas matemáticos más abiertos se motivaban más a medida que progresaban. Además, las pruebas de EEG encontraron patrones más fuertes de actividad asociados con motivación y compromiso—desplazando la actividad al lado izquierdo de la corteza prefrontal— en los cerebros de estudiantes que trabajaban en problemas matemáticos más abiertos. En estudios previos, se había demostrado que este patrón de actividad cerebral “relacionada con la motivación” disminuía a medida que los estudiantes trabajaban en problemas desafiantes, pero aumentaba cuando trabajaban en problemas matemáticos más abiertos. Los investigadores concluyeron que las preguntas que se pueden resolver de distintas maneras y con apoyos visuales crean experiencias de aprendizaje positivas para los estudiantes.

Boaler y colegas (2018) estudiaron el impacto de una intervención de Mentalidad Matemática impartida en línea en un curso estudiantil de seis sesiones. El estudio fue un experimento controlado aleatorizado que involucró a docentes de secundaria que enseñaban dos clases. Una de las clases de cada docente —la condición experimental— recibió el curso en línea al inicio del año escolar. Ambos grupos de estudiantes tuvieron los mismos docentes. Durante el curso en línea, se enseñaron ideas de mentalidad y se introdujeron las matemáticas como una materia abierta y visual. Los estudiantes que tomaron el curso en línea al inicio del año escolar obtuvieron puntajes significativamente más altos en las pruebas estatales al final del año y mostraron un 68% más de participación en sus clases de matemáticas durante el año.

En un estudio experimental separado de un enfoque de Mentalidad Matemática, docentes de quinto grado recibieron un desarrollo profesional que los introdujo a tareas abiertas y profundas y a ideas de mentalidad. El desarrollo profesional consistió en un enfoque “combinado” entre un curso en línea y una capacitación presencial por parte de personal de la oficina del condado. Se realizaron observaciones en las aulas de los docentes, con asesores instruccionales capacitados para identificar prácticas de enseñanza de mentalidad descritas en una Guía de Enseñanza de Mentalidad Matemática. La Guía identifica 15 prácticas docentes en 5 áreas focales. En cada práctica presenta 3 niveles de implementación: inicial, en desarrollo y en expansión. El desarrollo profesional permitió a los docentes avanzar a lo largo de esta escala, cultivar una mentalidad de crecimiento e implementar estrategias de enseñanza de mentalidad de crecimiento en matemáticas. El estudio mostró cambios positivos significativos en las creencias de los estudiantes, en las prácticas instruccionales de los docentes y en los puntajes de los estudiantes en pruebas estandarizadas estatales de matemáticas. El enfoque de mentalidad matemática fue particularmente beneficioso para niñas, estudiantes de inglés y estudiantes con dificultades económicas.

Hecht y colegas (2023) hicieron una síntesis de los estudios sobre la mentalidad, en la que incluyeron las intervenciones que se centraban en la cultura de mentalidad del aula y las prácticas docentes. Por ejemplo, los profesores con mentalidad de crecimiento tienden a permitir a los estudiantes revisar y volver a entregar su trabajo. En su trabajo, proporcionan varios estudios de caso poderosos que muestran ejemplos de prácticas docentes de mentalidad de crecimiento, detalles de docentes que adoptan estas prácticas y evidencias de las formas en que estas prácticas pueden sostenerse en el tiempo. A nivel global, los autores señalan que, aunque las mentalidades de

crecimiento se asocian con resultados de aprendizaje positivos en 72 de 74 países, aún queda mucho por aprender sobre cómo se implementan y difieren las prácticas de mentalidad de crecimiento en todo el mundo.

Boyd y Ash (2018) aportan más matices a la comprensión del campo sobre cómo cambiar la práctica y las creencias docentes hacia un enfoque de mentalidad de crecimiento en matemáticas. Estudiaron a 7 docentes-investigadores de grados iniciales que trabajaron durante 2 años para implementar el currículo de matemáticas de Singapur en Inglaterra. Comenzando las lecciones con tareas exploratorias ancla, los docentes experimentaron y reflexionaron juntos sobre las ventajas y barreras. Se observaron dos cambios importantes: los profesores del proyecto llegaron a considerar las matemáticas como una tarea creativa y colaborativa, y los profesores abandonaron la práctica habitual de agrupar a los alumnos por habilidades en el aula al darse cuenta de las ventajas de las aulas heterogéneas. A pesar de estos importantes cambios, los investigadores observaron que se seguía etiquetando a los alumnos como «bajos» y que los profesores seguían preocupados por preparar a los alumnos para evaluaciones de alto nivel.

Wang y colegas (2019) encontraron que la infusión de mensajes de mentalidad de crecimiento a través de una intervención sobre fracciones mejoró significativamente el rendimiento estudiantil. Su estudio implementó una intervención estructurada de 13 semanas centrada en magnitudes de fracciones con dos grupos de estudiantes de tercer grado con bajo rendimiento. El primer grupo recibió solo el programa de intervención, mientras que el segundo recibió el mismo programa complementado con mentalidad de crecimiento, establecimiento de metas y apoyo a la autorregulación. Esto resultó en aumentos considerables de aprendizaje entre los estudiantes que recibieron la intervención con mensajes de mentalidad.

Bonne y Johnston (2016) estudiaron a niños de 7 a 9 años en cuatro escuelas primarias de Nueva Zelanda, dos de las cuales formaron el grupo de intervención ($n = 41$) y las dos restantes, el grupo de comparación ($n = 50$). En el grupo de intervención, las prácticas de enseñanza fueron consistentes con los principios de mentalidad de crecimiento (dar retroalimentación a los estudiantes, animarlos y ayudarles a aprender de los errores). Esto generó creencias de mentalidad de crecimiento, eficacia individual y rendimiento en matemáticas.

Diseñar la enseñanza con un enfoque de Mentalidades Matemáticas

Varios estudios revisados han mostrado el potencial de intervenir en las mentalidades, particularmente cuando las ideas de mentalidad se infunden a través de la enseñanza. En el último caso de cambio de mentalidad que revisamos, los investigadores planificaron un enfoque de enseñanza de cuatro semanas que se construyó con principios de mentalidad y fue impartido por los autores. El enfoque se ofreció como un campamento de verano de mentalidad matemática y se llevó a cabo como una prueba piloto en la Universidad de Stanford en 2015 (Boaler, 2019). La intervención de 18 días de duración se dirigió a 83 estudiantes de secundaria de un distrito escolar local con pocos recursos, quienes manifestaban percepciones negativas sobre sus habilidades de aprendizaje de matemáticas. Después de cuatro semanas de lecciones de matemáticas que compartían ideas de mentalidad pero también ponían en práctica estrategias de enseñanza de mentalidad, tales como el uso de tareas abiertas, la celebración de la lucha y de los errores, y la provisión de retroalimentación que los estudiantes podían usar para mejorar su aprendizaje, los estudiantes mejoraron significativamente su rendimiento en pruebas estatales, un cambio equivalente a 2,8 años de escolaridad.

Tras el éxito del piloto, el campamento de verano se ofreció a estudiantes en diez distritos escolares de Estados Unidos. En 2021, múltiples campamentos en EE. UU. replicaron los campamentos de verano de mentalidad-matemáticas utilizando el mismo currículo, estrategias de enseñanza y mensajes de mentalidad de crecimiento. El estudio del impacto de los campamentos incluyó a 536 estudiantes matriculados en grados quinto a séptimo. Un enfoque mixto con un grupo de comparación emparejado mostró que los estudiantes que asistieron a los campamentos desarrollaron más creencias de mentalidad de crecimiento, obtuvieron puntajes más altos en evaluaciones de matemáticas y alcanzaron promedios de matemáticas significativamente más altos en el semestre siguiente (Boaler et al., 2021). Cabe destacar que los docentes que enseñaron en los campamentos también incorporaron más prácticas de enseñanza de mentalidad de crecimiento cuando regresaron a su enseñanza durante el año escolar regular (Leshin et al., en prensa). Los campamentos de mentalidad ahora se han impartido en EE. UU., Escocia, Italia y Brasil, y los detalles de los campamentos, incluyendo las tareas utilizadas, se comparten en inglés y portugués en youcubed.org.

El campamento de verano de Mentalidades Matemáticas es una intervención diseñada para involucrar a los estudiantes en matemáticas de una manera abierta, visual y creativa, a la vez que fomenta una mentalidad de crecimiento. Durante el campamento, los estudiantes ven y discuten videos cortos para aprender sobre mentalidad de crecimiento y neuroplasticidad, y estos mensajes se refuerzan a lo largo del

campamento. Los estudiantes participan en rutinas de matemáticas como “conversaciones sobre números y conversaciones de puntos” para experimentar la amplitud de enfoques y perspectivas incluso con problemas de matemáticas que tienen una única solución. La mayor parte del tiempo se dedica a tareas de “suelo bajo, techo alto”, desarrolladas en Youcubed. Tales tareas son accesibles para todos y se extienden a niveles altos, permitiendo una gama de enfoques desde los intuitivos e informales hasta los más formales. Las tareas seleccionadas para el campamento se centraron especialmente en desarrollar el sentido numérico, así como el razonamiento algebraico y la generalización a través de la exploración de patrones matemáticos.

Se proporcionan dos tareas de ejemplo. En la Figura 1, la tarea “Cuadrados a Escaleras” pide a los estudiantes que piensen por su cuenta cómo crece la figura. Después de que los estudiantes tengan la oportunidad de dibujar y describir lo que ven, están listos para participar en el trabajo en grupo y seguir estudiando. La Figura 2 muestra una tarea llamada “Visuales de números”, en la que los estudiantes codifican con colores colecciones de círculos mientras buscan patrones, lo que lleva a exploraciones de tipos de números, incluidos pares, impares, compuestos y primos.

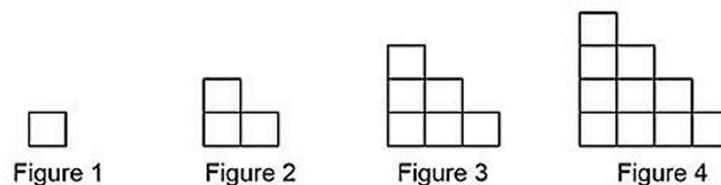


Figura 1. Tarea “Cuadrados a Escaleras”

Instrucciones de la tarea

¿Cómo ves que crece el patrón?

¿Cuántos cuadrados hay en la figura 10? Explica cómo lo sabes.

¿Cuántos cuadrados hay en la figura 55? Explica cómo lo sabes.

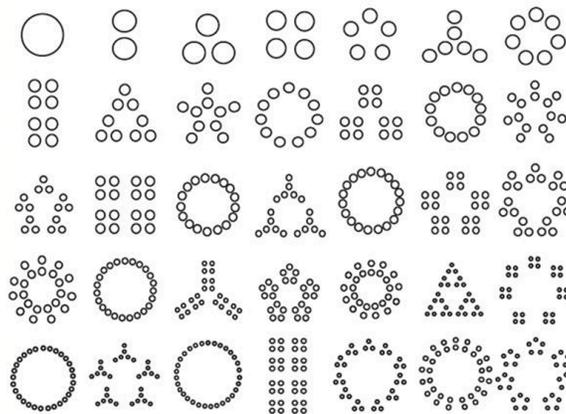
¿Puedes usar 190 cuadrados para hacer una estructura en forma de escalera? Justifica matemáticamente tu respuesta.

¿Cómo puedes averiguar cuántos cuadrados hay en total en cualquier figura?

Si tienes 1478 cuadrados, ¿puedes hacer una estructura en forma de escalera usando todos los cuadrados?

Los estudiantes trabajan de manera colaborativa en las tareas, compartiendo y comparando estrategias, y representando sus ideas en grupos pequeños y en discusiones con toda la clase. El efecto acumulativo al permitir que los estudiantes experimenten las matemáticas de esta manera conduce a un compromiso más profundo con las matemáticas, a una identidad matemática positiva y a un aumento del rendimiento matemático (Boaler, 2019; Boaler et al., 2021).

Diversos estudios muestran el impacto de las intervenciones de mentalidad en el cambio de las creencias de los estudiantes y el aumento de su rendimiento. Investigaciones más recientes y prometedoras sugieren que los impactos se amplifican y se sostienen cuando los mensajes de mentalidad son coherentes con las prácticas de enseñanza que enfatizan el crecimiento y el aprendizaje, a través de las tareas y de las prácticas de evaluación utilizadas.



Escribe el número junto a cada imagen. ¡Busca los patrones!

Figura 2. Tarea “Visuales de números”

Conclusión

El rendimiento en matemáticas a nivel nacional es bajo, y la pandemia mundial de Covid contribuyó a reducir aún más el rendimiento en matemáticas (Suri, 2023). Este fenómeno tiene muchas causas, entre ellas los métodos de enseñanza ineficaces que enfatizan los procedimientos por encima de los conceptos y las ideas. Lo que este artículo ha pretendido demostrar es que lo que crees sobre ti mismo y lo que crees sobre las matemáticas es importante. Aunque en educación se invierten cuantiosos

recursos en ampliar conocimientos y contenidos, los mayores avances en el rendimiento se producen cuando cambian las actitudes y las ideas de los estudiantes acerca de su propio potencial.

A pesar del potencial de la investigación y la práctica sobre la mentalidad, existen barreras para la adopción y la difusión de las intervenciones y enfoques de enseñanza relacionados con la mentalidad. Una barrera proviene de investigadores y otros que afirman que las ideas sobre la mentalidad tienen poco impacto, lo que disuade a otros de adoptarlas. Lo que este artículo ha esperado mostrar es que, si bien las ideas de mentalidad aisladas pueden tener poco o corto impacto cuando son contradichas por prácticas de enseñanza (Rienzo et al., 2015), las ideas sobre la mentalidad que se infunden a través de la enseñanza de las matemáticas son altamente impactantes. Otro objetivo de este artículo fue compartir la neurociencia más reciente que muestra que las creencias de los estudiantes sobre las matemáticas están intrínsecamente conectadas con las áreas cognitivas de sus cerebros. Esta evidencia por sí sola debería detener el uso de prácticas que inducen ansiedad en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y alentar un enfoque que infunda mentalidad y positividad en el contenido.

Ha habido muchas iniciativas e intervenciones centradas en cambiar ideas sobre la mentalidad. También ha habido muchas iniciativas para enseñar las matemáticas como una materia multidimensional de investigaciones y conexiones. Nuevas investigaciones sugieren que cuando estas dos iniciativas se unen y las matemáticas se enseñan de manera amplia y multidimensional, con mensajes sobre la mentalidad, el impacto de ambos enfoques se amplifica. Esto sucede porque existe una sinergia entre un enfoque de las matemáticas que es conceptual y abierto, y la idea de que los estudiantes pueden aprender y crecer. Asimismo, existe una sinergia entre prácticas de evaluación que fomentan la retroalimentación y la revisión, y la idea de que el aprendizaje se trata de mejorar con el tiempo. A medida que avanzamos con iniciativas para mejorar las experiencias de los estudiantes con las matemáticas (probablemente una de las propuestas más importantes de los tiempos actuales), parece prudente investigar más a fondo las conexiones entre las ideas de mentalidad y las formas en que los estudiantes se encuentran con las matemáticas en las aulas y en sus vidas.

Referencias

Aiken, L. R. (1976). Update on attitudes and other affective variables in learning mathematics. *Review of Educational Research*, 46(2), 293–311.
<https://doi.org/10.3102/00346543046002293>



Aiken, L. R., & Dreger, R. M. (1961). The effect of attitudes on performance in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 52(1), 19–24. <https://doi.org/10.1037/h0041309>

Bagès, C., Verniers, C., & Martinot, D. (2016). Virtues of a hardworking role model to improve girls' mathematics performance. *Psychology of Women Quarterly*, 40(1), 55–64. <https://doi.org/10.1177/0361684315608842>

Beilock, S. (2015). *How the body knows its mind: The surprising power of the physical environment to influence how you think and feel*. Simon and Schuster.

Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention. *Child Development*, 78(1), 246–263. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x>

Blum, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, & G. Stillman (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 15–30). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2_3

Boaler, J. (2019). Prove it to me!. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 24(7), 422–428. <https://www.youcubed.org/wp-content/uploads/2019/05/prove-it-to-me-JB.pdf>

Boaler, J. (2022). *Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative mathematics, inspiring messages, and innovative teaching* (2nd ed.). Jossey-Bass.

Boaler, J., Dieckmann, J. A., LaMar, T., Leshin, M., Selbach-Allen, M., & Pérez-Núñez, G. (2021). The transformative impact of a mathematical mindset experience taught at scale. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.784393>

Boaler, J., Dieckmann, J. A., Pérez-Núñez, G., Sun, K. L., & Williams, C. (2018). Changing students' minds and achievement in mathematics: The impact of a free online student course. *Frontiers in Education*, 3. <https://doi.org/10.3389/educ.2018.00026>

Bonne, L., & Johnston, M. (2016). Students' beliefs about themselves as mathematics learners. *Thinking Skills and Creativity*, 20, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.02.001>

Boyd, P., & Ash, A. (2018). Mastery mathematics: Changing teacher beliefs around in-class grouping and mindset. *Teaching and Teacher Education*, 75, 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.06.016>

Brez, C., Hampton, E. M., Behrendt, L., Brown, L., & Powers, J. (2020). Failure to replicate: Testing a growth mindset intervention for college student success. *Basic and Applied Social Psychology*, 42(6), 460–468. <https://doi.org/10.1080/01973533.2020.1806845>

Chen, L., Bae, S. R., Battista, C., Qin, S., Chen, T., Evans, T. M., & Menon, V. (2018). Positive attitude toward math supports early academic success: Behavioral evidence and neurocognitive mechanisms. *Psychological Science*, 29(3), 390–402. <https://doi.org/10.1177/0956797617735528>

Cheng, E. (2023, May 29). What if nobody is bad at maths? *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/books/2023/may/29/what-if-nobody-is-bad-at-maths>

Chestnut, E. K., Lei, R. F., Leslie, S. J., & Cimpian, A. (2018). The myth that only brilliant people are good at math and its implications for diversity. *Education Sciences*, 8(2), 65. <https://doi.org/10.3390/educsci8020065>

Cimpian, A., & Leslie, S. J. (2017). The brilliance trap: How a misplaced emphasis on genius subtly discourages women and African-Americans from certain academic fields. *Scientific American*, 317, 60–65. <https://www.jstor.org/stable/27109296>

Daly, I., Bourgaize, J., & Vernitski, A. (2019). Mathematical mindsets increase student motivation: Evidence from the EEG. *Trends in Neuroscience and Education*, 15, 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.02.005>

Doidge, N. (2007). *The brain that changes itself: Stories of personal triumph from the frontiers of brain science*. Penguin.

Driscoll, M. (1999). *Fostering algebraic thinking: A guide for teachers, grades 6–10*. Heinemann.

Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random House.

Dweck, C. S. (2015). Carol Dweck revisits the growth mindset. *Education Week*, 35(5), 20–24.

Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A view from two eras. *Perspectives on Psychological Science*, 14(3), 481–496. <https://doi.org/10.1177/1745691618804166>

Gross-Loh, C. (2016, December 16). How praise became a consolation prize. *The Atlantic*.

<https://www.theatlantic.com/education/archive/2016/12/how-praise-became-a-consolation-prize/510845/>

Gutierrez, R. (2000). Advancing African-American, urban youth in mathematics: Unpacking the success of one math department. *American Journal of Education*, 109(1), 63–111. <https://doi.org/10.1086/444259>

Hecht, C. A., Murphy, M. C., Dweck, C. S., Bryan, C. J., Trzesniewski, K. H., Medrano, F., Gianni, M. M., Mhatre, P., & Yeager, D. S. (2023). Shifting the mindset culture to address global educational disparities. *Science of Learning*, 8. <https://doi.org/10.1038/s41539-023-00181-y>

Iuculano, T., Rosenberg-Lee, M., Richardson, J., Tenison, C., Fuchs, L., Supekar, K., & Menon, V. (2015). Cognitive tutoring induces widespread neuroplasticity and remediates brain function in children with mathematical learning disabilities. *Nature Communications*, 6(1), 8453. <https://doi.org/10.1038/ncomms9453>

Kohn, A. (2015). The "Mindset" mindset: What we miss by focusing on kids' attitudes. <https://www.alfiekohn.org/article/mindset/>

Leshin, M., LaMar, T., & Boaler, J. (en prensa). "When you let kids have a little bit of freedom, they'll surprise you": The role of reasoning in raising teacher expectations of student potential.

Letchford, L. (2018). *Reversed: A memoir*. Acorn Publishing.

Merzenich, M. (2013). *Soft-wired: How the new science of brain plasticity can change your life*. Parnassus.

OECD. (2019). *Skills matter: Additional results from the survey of adult skills*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264258051-en>

O'Rourke, E., Haimovitz, K., Ballweber, C., Dweck, C., & Popović, Z. (2014, April). Brain points: A growth mindset incentive structure boosts persistence in an educational game. In *CHI 14: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 3339–3348). <https://doi.org/10.1145/2556288.2557157>



Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86, 193–203. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.2.193>

Ramirez, G., Shaw, S. T., & Maloney, E. A. (2018). Math anxiety: Past research, promising interventions, and a new interpretation framework. *Educational Psychologist*, 53(3), 145–164. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384>

Rienzo, C., Rolfe, H., & Wilkinson, D. (2015). Changing mindsets: Evaluation report and executive summary. Education Endowment Foundation. <https://eric.ed.gov/?id=ED581132>

Schoenfeld, A. H., & Sloane, A. H. (Eds.). (2016). *Mathematical thinking and problem solving*. Routledge.

Singh, K., Granville, M., & Dika, S. (2002). Mathematics and science achievement: Effects of motivation, interest, and academic engagement. *Journal of Educational Research*, 95(6), 323–332. <https://doi.org/10.1080/00220670209596607>

Steele, C. M. (2011). *Whistling Vivaldi: How stereotypes affect us and what we can do*. W. W. Norton & Company.

Suárez-Pellicioni, M., Núñez-Peña, M. I., & Colomé, À. (2016). Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 16, 3–22. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0370-7>

Suri, M. (2023). *The Big Bang of Numbers*. W. W. Norton & Company.

Wang, A. Y., Fuchs, L. S., Fuchs, D., Gilbert, J. K., Krowka, S., & Abramson, R. (2019). Embedding self-regulation instruction within fractions intervention for third graders with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 52(4), 337–348. <https://doi.org/10.1177/0022219419851750>

Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., ... & Dweck, C. S. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature*, 573, 364–369. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1466-y>

Yeager, D. S., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2013). An implicit theories of personality intervention reduces adolescent aggression in response to victimization and exclusion. *Child Development*, 84(3), 970–988. <https://doi.org/10.1111/cdev.12003>



Young, C. B., Wu, S. S., & Menon, V. (2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychological Science*, 23(5), 492–501.
<https://doi.org/10.1177/0956797611429134>

Zahrt, O. H., & Crum, A. J. (2020). Effects of physical activity recommendations on mindset, behavior and perceived health. *Preventive Medicine Reports*, 17, 101027.
<https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2019.101027>