



Ensayo

Una perspectiva emergente del tratamiento del error en matemáticas An emerging perspective on error treatment in mathematics Uma perspectiva emergente sobre o tratamento de erros em matemática

Apolo Castaneda

Instituto Politécnico Nacional, México
<https://orcid.org/0000-0002-7284-8081>
acastane@ipn.mx

Edgar Vázquez Grande

Instituto Politécnico Nacional, México
<https://orcid.org/0000-0003-4216-5965>
evazquezg2100@alumno.ipn.mx

Rosa Isela González Polo

Universidad Autónoma del Estado de México, México
<https://orcid.org/0000-0002-8252-5796>
rgonzalezpo@uaemex.mx

Resumen

Este ensayo argumenta una perspectiva emergente sobre el error en la enseñanza de las matemáticas. Su objetivo es presentar una metodología pedagógica y analítica que permita a los docentes a crear un ambiente educativo que fomente en los estudiantes una actitud autorreflexiva, autorregulatoria y agentiva ante los errores. A partir de la definición de la dimensión epistemológica personal y las estrategias cognitivas autorregulatorias, se cuestiona el enfoque punitivo tradicionalmente asociado al error en matemáticas. Se propone la creación de escenarios alternativos en la enseñanza que promuevan la agentividad, autorreflexión y resiliencia de los estudiantes frente al error y fracaso. En esencia, se busca que los estudiantes adopten una perspectiva constructiva, incentivando su capacidad de autorregulación y reflexión sobre sus propias creencias. El aporte de este ensayo radica en ofrecer una nueva perspectiva que promueva una actitud agentiva en el aprendizaje y prepare a los estudiantes para enfrentar con resiliencia y de forma positiva los desafíos propios de la actividad matemática.

Palabras clave: Enseñanza de matemáticas, Problemas de aprendizaje, Fracaso, Agencia, Métodos de enseñanza.

Abstract

This essay argues for an emerging perspective on error in mathematics teaching. Its objective is to present a pedagogical and analytical methodology that allows teachers to create an educational environment that encourages students to have self-reflective, self-regulatory, and agentive attitudes toward errors. Based on the definition of the personal epistemological dimension and self-regulatory cognitive strategies, the punitive approach traditionally associated with errors in mathematics is questioned. The creation of alternative teaching scenarios that promote student agency, self-reflection, and resilience in the face of error and failure is proposed. In essence, the aim is for students to adopt a constructive perspective, encouraging their capacity for self-regulation and reflection on their beliefs. The contribution of this essay lies in offering a new perspective that promotes an agentive attitude in learning



and prepares students to face the challenges of mathematical activity with resilience and positivity.

Keywords: Mathematics instruction, Learning disabilities, Failure, Agency, Teaching methods.

Resumo

Este ensaio defende uma perspectiva emergente sobre o erro no ensino de matemática. Seu objetivo é apresentar uma metodologia pedagógica e analítica que permita aos professores criar um ambiente educacional que estimule os alunos a terem atitudes autorreflexivas, autorreguladoras e agente em relação aos erros. A partir da definição da dimensão epistemológica pessoal e das estratégias cognitivas de autorregulação, questiona-se a abordagem punitiva tradicionalmente associada aos erros em matemática. Propõe-se a criação de cenários de ensino alternativos que promovam a agência, a autorreflexão e a resiliência do aluno diante do erro e do fracasso. No essencial, pretende-se que os alunos adotem uma perspectiva construtiva, estimulando a sua capacidade de autorregulação e de reflexão sobre as suas crenças. A contribuição deste ensaio reside em oferecer uma nova perspectiva que promove uma atitude agente na aprendizagem e prepara os alunos para enfrentar os desafios da atividade matemática com resiliência e positividade.

Palavras chave: Instrução de matemática, Dificuldades de aprendizagem, Fracasso, Agência, Métodos de ensino .

Introducción

A medida que los estudiantes avanzan en sus estudios, el ambiente en el aula puede ser altamente competitivo y estresante. Según la OECD (2017), el 50% de los estudiantes de los países miembros experimenta estrés y ansiedad debido a la preocupación por obtener buenas calificaciones. Estos problemas pueden tener un efecto negativo en el rendimiento académico y el aprendizaje, disminuyendo la autoestima y confianza en estudiantes con buen desempeño. Lau et al. (2021) señalan que la ansiedad interfiere con las funciones cognitivas y la motivación, lo que puede generar una percepción generalizada de insatisfacción y desinterés hacia la escuela, e incluso llevar a la deserción. Estos autores

señalan que la ansiedad en los estudiantes se debe a factores personales, como genética, capacidad de memoria, sesgo de atención, respuestas afectivas y fisiológicas. Pero también a factores contextuales como el ambiente en el aula, la escuela, la familia, los antecedentes culturales, actitudes, expectativas de los padres y autoeficacia del maestro. Desde el ámbito contextual, uno de los principales desafíos que se enfrenta la educación básica es fomentar una perspectiva constructiva en los estudiantes para que enfrenten desafíos y dificultades con una visión positiva del mundo y de la vida, lo que mejora su desempeño académico y motivación (Schukajlow et al., 2023). Para lograrlo, es importante promover



un ambiente educativo que equilibre el aprendizaje y la salud mental para ayudar a reducir la ansiedad en los estudiantes.

Lau et al. (2021) destacan que la ansiedad matemática contextual se correlaciona con el rendimiento y que los factores sociales y culturales pueden generar estrés en los estudiantes. La calidad de la enseñanza, métodos menos autoritarios y una buena relación entre alumno y maestro pueden atenuar la ansiedad. Asimismo, el tipo y frecuencia de tareas también influyen en el estrés estudiantil. OCDE (2017) propone fortalecer el desarrollo profesional docente para atender a estudiantes con ansiedad, estableciendo metas realistas, fomentando la motivación y ofreciendo retroalimentación constructiva. Crear un ambiente que promueva una actitud positiva hacia el error y reflexión colectiva contribuye a aprovechar el error como recurso de aprendizaje, mejorando la autoestima, motivación y confianza de los estudiantes.

Reconocer y tratar el error en el aula es un gran desafío para los estudiantes. La carga negativa del error puede generar una actitud pesimista sobre sus habilidades, y temer el juicio público, lo que los lleva a evitar enfrentarlo. Rouleau, et al. (2019) señalan citando a Bandura, que, si una persona ha tenido un desempeño deficiente en una tarea en el pasado, es más probable que se sienta incompetente al realizar una tarea similar. Es decir, las personas solo hacen

tareas en las que creen que tendrán éxito. Esto puede interferir en la construcción de su autoeficacia y autoestima, por lo que es esencial que la educación contribuya a la construcción de la autoconfianza y la apreciación propia de forma positiva.

Según la OECD (2017), las personas con menos talento, pero alta motivación, confianza y autoeficacia tienen más probabilidades de alcanzar sus objetivos que aquellas con gran talento y habilidades de pensamiento, ya que estas últimas a menudo no pueden enfrentar desafíos ni establecer metas por sí mismas. Es importante considerar las creencias de autoeficacia como predictores más efectivos del comportamiento que los logros previos (Rigo et al., 2021). Por lo tanto, se requiere una reflexión más amplia sobre las estrategias cognitivas y habilidades autorregulatorias, como el control de la persona, la tarea y las creencias atribucionales, la motivación y la agencia académica (Castañeda et al., 2014). Estos factores condicionan el éxito o fracaso en el aprendizaje de los estudiantes.

Este ensayo debate sobre el significado del error en la educación matemática, cuestionando la visión tradicional del error como evidencia de incapacidad y fracaso en la enseñanza. Se propone una perspectiva emergente que reconoce la actividad matemática como un proceso constante de reparación y arreglo, y aboga por desarrollar en los estudiantes una actitud



autorreflexiva, autorregulatoria y agentiva frente al error. Se presenta una propuesta metodológica para fomentar la agencia del estudiante frente al error y orientar la práctica docente.

Los sistemas educativos buscan mejorar el rendimiento académico de los estudiantes mediante la implementación de innovaciones pedagógicas, incluyendo el uso de tecnologías avanzadas, nuevas herramientas educativas y revisiones de las metodologías de enseñanza. Sin embargo, esta perspectiva idealista tiene como base la idea de “lo que debería ser” o “lo que deseamos alcanzar”, ignorando la incertidumbre, descomposición y erosión inevitables del mundo actual. Sin embargo, es necesario adoptar una perspectiva más crítica y reflexiva frente al progreso y la innovación, reconociendo la fragilidad del contexto actual y cuestionando el orden impuesto por la modernidad. Graham y Marvin (2001) argumentan que el ideal de una infraestructura moderna está amenazado por los contextos socioeconómicos y políticos. Además, Jackson (2014) enfatiza la importancia de considerar otras formas de ver y entender el futuro, para construir uno más sostenible y resiliente. Esta perspectiva no implica renunciar al progreso o la innovación, sino ser conscientes de sus limitaciones y fragilidades para construir un futuro más sólido.

El mundo en constante cambio puede ser visto como una oportunidad para la creatividad y la resiliencia (Jackson, 2014). La reparación de lo que se encuentra en constante proceso de deterioro y erosión es fundamental para sostener el orden de las cosas y proporcionar una visión para el futuro. El arte de la reparación, según Jackson (2014), tiene como objetivo mantener la estabilidad, restaurar el orden y adaptarse a nuevas circunstancias. Este proceso se basa en tres premisas: la continuidad, el significado y la ética del cuidado. En este sentido, se requiere adoptar una perspectiva crítica y reflexiva para construir un futuro más sostenible y resiliente, reconociendo la fragilidad del mundo y las limitaciones del progreso e innovación (Graham & Marvin, 2001). La visión de un mundo roto no debe ser vista solo con preocupación, sino también con esperanza, ya que es en este mundo en constante proceso de reparación donde se encuentran nuevas combinaciones y posibilidades (Jackson, 2014).

En el contexto de la actividad matemática, el error se considera una interrupción en la continuidad que requiere una acción reparadora por parte del docente y del estudiante (Rigo et al., 2021). La reparación se basa en la identificación y reflexión sobre los errores, así como en la promoción de una mayor comprensión y aplicación de los conceptos matemáticos. Además de corregir los errores, esta actividad de



reparación también tiene como objetivo desarrollar habilidades para prevenir futuros errores y fomentar un aprendizaje significativo y duradero. En este sentido, la continuidad se refiere a la reconstrucción del espacio de trabajo, donde se establecen relaciones e intercambios, y se les da significado a las acciones de los agentes en el sistema de actividad (Rigo et al., 2021).

El significado de las representaciones se relaciona con los conocimientos y el poder que se adquieren a través de la participación en diversas actividades. Desde la perspectiva epistemológica, el mantenimiento y la reparación implican la noción de la ruptura, entendida como un medio para el desarrollo de nuevos conocimientos. En este sentido, el mantenimiento y la reparación no se limitan a un evento puntual, sino que son procesos continuos que permiten conservar y mejorar el funcionamiento de los sistemas. Esto es fundamental tanto para objetos materiales como para sistemas sociales, ya que evita el colapso y propician mejoras. Es importante destacar que, sin la existencia de una ruptura, no hay necesidad de reflexionar sobre el estado actual de las cosas, pero esta reflexión permite propiciar mejoras en el sistema (Jackson, 2014).

El progreso del conocimiento se logra al cuestionar de manera constante y superar desafíos que surgen de interrupciones en la continuidad (Dietiker et al., 2023). Brousseau y Warfield (2020) sostienen que el

conocimiento emerge al pasar de un estado de equilibrio a uno de desequilibrio. Vygotsky (Li & Disney, 2023) indica que las rupturas deben ser consideradas como situaciones dinámicas que impulsan el cambio en lugar de obstáculos que impiden el progreso. Las crisis ofrecen oportunidades para reevaluar y enfrentar problemas desde diferentes perspectivas (Jackson, 2014). El error en la actividad matemática puede motivar el avance y desarrollo del conocimiento al exigir la reorganización del contexto en el que se desenvuelve.

El dominio ético destaca la importancia de la perspectiva de cuidado y reparación, que incluye la prevención y atención a las contingencias (Jackson, 2014). Este dominio influye en lo afectivo, donde los individuos pueden desarrollar resiliencia, creatividad y esperanza ante problemas o desperfectos. El enfoque ético de cuidado y reparación se extiende al proceso de restauración y sanación después de una crisis o interrupción, lo que implica responsabilidad y compromiso con el bienestar de los demás, y soluciones justas y equitativas.

La comprensión de las rupturas y discontinuidades plantea dos conclusiones fundamentales. Primero, es necesario visibilizar las rupturas y discontinuidades y proyectar un futuro de la humanidad desde un enfoque de cuidado y reparación en lugar de la obsesión con la innovación y el progreso. Segundo, prestar atención a los agentes en la periferia o en los márgenes que



enfrentan y confrontan al mundo desde perspectivas distintas, ya que son fundamentales para vislumbrar el futuro.

Desarrollo

Este ensayo adopta una perspectiva cualitativa y utiliza una revisión de literatura (Race, 2008) para desarrollar un marco epistemológico que reevalúa el concepto de error en matemáticas desde la perspectiva de la reparación (Jackson, 2014). Se aborda desde tres ejes reflexivos, que incluye enfoques teóricos en educación matemática donde el concepto de error es relevante, la perspectiva de agentividad, que se refiere a la capacidad de ejercer control creativo sobre los pensamientos y acciones individuales, y una base teórica sobre estrategias cognitivas y autorregulatorias para controlar la actividad del estudiante, así como la perspectiva personal frente a los problemas y tensiones que surgen en el proceso de aprendizaje. Dada su naturaleza teórica, este ensayo se limita a aportar una base epistemológica para sustentar un modelo pedagógico que se implementará experimentalmente en una ocasión futura.

El error se considera un medio para el desarrollo del conocimiento, ya que propicia la ruptura y reorganización de las estructuras del pensamiento. El error ha sido tradicionalmente entendido como una expresión desafortunada en el aprendizaje (Macedo, 1997). Se asocia con la ineficacia en los planteamientos didácticos y la incapacidad de los estudiantes para avanzar.

Existe un compromiso en la escuela de “enseñar correctamente”, lo que lleva a creer que el error nunca debería aparecer y, si ocurre, debe corregirse inmediatamente. Esta perspectiva es limitada y poco realista. La explicación detallada del error no garantiza que los estudiantes no se vuelvan a equivocar, ya que la toma de conciencia de las fallas es un proceso complejo que no se resuelve solo con la corrección formal del profesor.

En la educación matemática, las perspectivas emergentes han cambiado la forma en que se entiende el error. Ahora se mira como una oportunidad para propiciar la meta-reflexión y el aprendizaje en lugar de ser algo que se debe evitar o corregir inmediatamente. Los errores se ven como resultado de un conocimiento anterior que ahora se ha demostrado falso o inadecuado, lo que establece obstáculos que no desaparecen con el nuevo conocimiento. Esta perspectiva sugiere que los estudiantes deben reflexionar sobre su error y trabajar para entender las causas subyacentes detrás de él para desarrollar una comprensión más profunda y robusta del tema. Al aprender de sus errores, los estudiantes pueden desarrollar habilidades críticas y metacognitivas que les ayudarán a enfrentar y superar futuros obstáculos en su



aprendizaje. En la teoría de las situaciones, el estudiante evalúa sus respuestas, permitiendo determinar el resultado correcto sin intervención docente. El error, visto como parte previsible del aprendizaje, se aborda cuidadosamente en el diseño de actividades. Brousseau sostiene que el error refleja una concepción previa coherente, pero no exitosa, y las situaciones deben guiar a los estudiantes a confrontar esas ideas y descubrir nuevos conocimientos (Brousseau & Warfield, 2020).

En el enfoque de resolución de problemas (English, 2023), el error es una herramienta clave para aprender y avanzar. Este enfoque flexible no posee pasos preestablecidos ni estrategias específicas. Durante la resolución, el estudiante enfrenta incertidumbre y errores, requiriendo monitoreo y evaluación constante (metacognición). La metacognición permite reorganizar estrategias, desarrollar heurísticas y técnicas generales, acumular experiencia y aplicarla en la resolución de nuevos problemas. La revisión constante del error desarrolla habilidades críticas y fortalece el pensamiento lógico y analítico en la resolución de problemas. Se enfrentan dos desafíos: identificar errores mediante evaluación de datos y adaptar estrategias en caso de un fracaso. Estas habilidades se adquieren mediante meta-reflexión del proceso, siendo a veces la experiencia de resolución más valiosa que la solución final.

La modelización matemática enfatiza el desarrollo de habilidades metacognitivas y aborda problemas del mundo real usando

recursos matemáticos y no matemáticos. Los estudiantes resuelven problemas mediante sus propios referentes, creando modelos matemáticos flexibles que enfrentan desafíos en procedimientos, experimentos y resultados. Estos desafíos fomentan el pensamiento crítico, la creatividad y adaptabilidad. La actividad se caracteriza por incertidumbre e indeterminación, requiriendo probar y refinar el modelo a través de un ciclo de modelización con etapas como formulación del problema, recolección de datos, construcción, validación e implementación del modelo (Siller et al., 2023). Estos tres enfoques emergentes comparten la capacidad de superar los errores y problemas contextualizados. Además de la conciencia de la naturaleza y uso didáctico del error, se busca desarrollar habilidades cognitivas, autorregulatorias, motivacionales y atribucionales que permitan una actuación activa y una intencionalidad en la toma de decisiones del estudiante (Rigo et al., 2021; Zavala & Castañeda, 2014). La tenacidad matemática, el autodesarrollo, la adaptación humana y la autorrenovación son algunos de los componentes necesarios para lograr este objetivo.

Bandura (2006) destaca la importancia de la agencia personal como habilidad metacognitiva fundamental para el estudiante, ya que le permite tomar decisiones y actuar para alcanzar sus objetivos frente a los desafíos que se le presentan. Según Zavala y Castañeda (2014), existen dos perfiles de estudiantes en la escuela: los agentivos y los no agentivos. Los estudiantes



agentivos tienen una comprensión profunda del conocimiento y del proceso de aprendizaje, son autorregulados y tienen un control ejecutivo efectivo de sus acciones, mientras que los estudiantes no agentivos carecen de una comprensión profunda del conocimiento y tienen dificultades para planificar y ejecutar tareas académicas de manera efectiva, lo que limita su potencial de aprendizaje y su capacidad para enfrentar problemas del mundo real.

Se proponen dos dimensiones para promover la agentividad del estudiante frente al error en matemáticas, las cuales se basan en las estrategias cognitivas y autorregulatorias. La primera dimensión se refiere a la habilidad del estudiante para controlar sus acciones y mantener una continuidad en su actividad frente a las tensiones y conflictos que surgen en el proceso de aprendizaje. Estas estrategias están respaldadas por creencias, motivaciones para la adaptación y la confianza en sus propias capacidades y habilidades para desarrollar una tarea. La propuesta se fundamenta en el planteamiento de Rouleau et al. (2019) y en el trabajo de Zavala y Castañeda (2014). El primer referente es el desempeño previo del estudiante en la resolución de tareas similares, ya que las experiencias positivas y negativas influyen en su confianza y capacidad para enfrentar nuevos desafíos. El segundo referente es la experiencia observada en otras personas, pues la comparación, retroalimentación mutua y evaluación permiten establecer un punto de referencia para enfrentar las nuevas tareas. El tercero son las aportaciones de expertos en la

materia, ya que la guía y el acompañamiento brindado por ellos pueden estimular al estudiante y aumentar la probabilidad de lograr el éxito en la tarea. Finalmente, el cuarto referente es el estado físico y emocional del estudiante, pues las condiciones del contexto, como el ambiente académico, pueden tener un impacto significativo en el desempeño del estudiante y en su capacidad para enfrentar el error de manera efectiva.

La "epistemología personal" es la segunda dimensión propuesta para promover la agentividad del estudiante frente al error en matemáticas. Esta dimensión se refiere a la perspectiva que los estudiantes adoptan frente a las tensiones, problemas, conflictos y rupturas que surgen en el proceso de resolución de problemas matemáticos. Varios factores influyen en esta perspectiva, como la forma en que los estudiantes perciben y definen el objeto de estudio, su identidad como estudiantes de matemáticas y su comprensión del pensamiento matemático. La reflexión y adaptación de la perspectiva del estudiante en función de las demandas del problema son cruciales para superar los desafíos en el aprendizaje de las matemáticas (Villa-Ochoa et al., 2023).

A partir del planteamiento de Bandura (2006) se identifican cuatro aspectos fundamentales relacionados con la capacidad agentiva humana relacionados con la dimensión epistémica. En primer lugar, la intencionalidad, que se refiere a la capacidad de tener planes y estrategias para llevar a cabo acciones, y que pueden ser



compartidos con otros para lograr un esfuerzo colectivo. En segundo, la previsión, que se refiere a la capacidad de anticipar posibles resultados con el objetivo de motivar esfuerzos preventivos. En tercer lugar, la autorreactividad, referida a la capacidad de autorregulación como medio para motivar y establecer acciones, lo que reduce la brecha entre el pensamiento y la acción. Por último, la autorreflexión, que se refiere a la capacidad de examinar de forma crítica su propia eficacia, la consistencia de sus pensamientos, el sentido de sus acciones y las acciones necesarias para plantear ajustes.

English (2023) destaca la importancia del desarrollo de la agentividad en el proceso de aprendizaje, lo que se refleja en acciones intencionales y proactivas por parte de los estudiantes para ser más conscientes y responsables de su propio aprendizaje. De acuerdo con este autor, los estudiantes con un alto grado de agentividad son capaces de modificar las tareas para adaptarlas a sus necesidades y lograr un aprendizaje más profundo, utilizando su creatividad y pensamiento crítico para transformar y aplicar lo que han aprendido. De esta manera, los estudiantes no solo adquieren conocimientos, sino también desarrollan habilidades y valores útiles en su vida diaria y futura carrera profesional. La agencia en el aprendizaje se refiere a la capacidad de los estudiantes de participar activamente en el proceso educativo, tomando decisiones y acciones conscientes para alcanzar sus objetivos. Para Villa-Ochoa et al. (2023), la agencia se manifiesta en la

transformación de la participación de los estudiantes en las tareas, lo que les permite ser más autónomos y responsables de su propio aprendizaje. El aprendizaje es un proceso continuo de reconfiguración de la agencia, es decir, un proceso de adaptación y reajuste de planes y estrategias motivadas por los intereses de los estudiantes, confrontadas por los profesores en el contexto de una tarea específica (Rigo et al., 2021). La agencia, de acuerdo con Villa-Ochoa et al. (2023), es una transformación de la participación de los estudiantes en las tareas.

Esta perspectiva teórica desafía la visión negativa que se ha construido en torno a la insuficiencia y las carencias en el estudio de las matemáticas. Esta propuesta se basa en la idea de que el fracaso, la rotura y la carencia son puntos de referencia importantes para pensar en el futuro, ya que la vida está llena de incertidumbres y obstáculos. Aunque es importante preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del futuro, también es necesario considerar la importancia de aceptar el error y aprender de él. Esta visión emergente se opone a la alta expectativa sobre el desempeño académico que se impone en la escuela contemporánea y busca promover una educación que valore el aprendizaje a través del error. Este enfoque aborda la formación de estudiantes con habilidades de resiliencia y agencia para enfrentar obstáculos y situaciones frustrantes. Estos temas son fundamentales en la formación de futuros ciudadanos capaces de afrontar los desafíos que se presentan en la vida



fuera de la escuela. La OECD (2017) destaca la importancia de los primeros años de vida para establecer una actitud positiva ante el fracaso y la frustración, lo que hace necesario que la educación brinde herramientas para enfrentar

estos retos. Por lo tanto, la formación no solo debe enfocarse en preparar para el éxito, sino también en desarrollar habilidades y actitudes para superar los obstáculos.

Conclusiones

En este artículo se propone un modelo para desarrollar una estrategia de intervención que fomente la agencia del estudiante ante el error en matemáticas. Este modelo incluye una reconceptualización del error no solo como una oportunidad de aprendizaje, sino también como un proceso continuo y natural en la resolución de problemas matemáticos. Para ello, se considerarán las dimensiones de la epistemología personal y las estrategias cognitivas y autorregulatorias en la formulación de recomendaciones para la intervención. Esto permitirá desarrollar habilidades de resiliencia y agencia en los estudiantes para enfrentar y superar obstáculos en la resolución de problemas matemáticos.

De acuerdo con el planteamiento, se resaltan cuatro ideas esenciales para la propuesta. Es vital la planificación en el estudio de las matemáticas para que los estudiantes puedan comprender el sentido y objetivo de la actividad que realizan. En ocasiones, los estudiantes se centran en realizar cálculos o aplicar procedimientos sin tener una comprensión clara de por qué o para qué se están llevando a cabo. Hacer preguntas como ¿por qué se realiza esta

tarea?, ¿qué se busca lograr con esta actividad?, o ¿cuál es el objetivo final deseado?, puede ser de gran ayuda para que los estudiantes comprendan mejor el propósito de la tarea y aumenten su motivación y compromiso en el aprendizaje de las matemáticas.

La monitorización implica una autoevaluación de las acciones tomadas en el proceso de aprendizaje, incluyendo los resultados, las dificultades, los errores y las inconsistencias encontradas. Esta práctica es similar al enfoque de resolución de problemas, ya que busca generar conciencia sobre los logros y contrastarlos con los objetivos previamente establecidos. A través de la metarreflexión, se puede mejorar la comprensión del proceso de aprendizaje y el desarrollo de estrategias para alcanzar los objetivos deseados. Preguntas como ¿Qué pasos se han seguido? ¿Por qué se eligió una determinada ruta? ¿El avance está alineado con lo planificado? pueden ayudar a los estudiantes en la monitorización.

En la fase de control, se trata de adaptarse y tomar decisiones para superar las dificultades encontradas o para continuar avanzando en la resolución de la tarea. Las acciones de



agentividad que se deben llevar a cabo en este momento se basan en la dimensión epistemológica y en la dimensión de las estrategias cognitivas y de autorregulación, tal como se mencionó anteriormente. Esto implica la selección de nuevas estrategias de resolución de problemas, la adaptación de las ya existentes o la revisión de las metas y objetivos establecidos. En última instancia, la etapa de reacción y reflexión implica un análisis crítico y detallado de las acciones realizadas y los resultados obtenidos en relación con los

objetivos y la planificación inicial. Esta fase es fundamental para evaluar la efectividad de las estrategias empleadas, identificar errores o dificultades que hayan surgido, y fomentar una reflexión profunda sobre el proceso de aprendizaje. A través de esta evaluación, se pueden realizar ajustes y mejoras para aumentar la eficacia en el futuro y garantizar un aprendizaje continuo y efectivo.

Referencias Bibliográficas

- Bandura, A. (2006). Toward a psychology of human agency. *Perspectives on Psychological Science*, 1(2), 164-180.
- Brousseau, G., & Warfield, V. (2020). Didactic Situations in Mathematics Education. (pp. 206-213). In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* Springer.
- Castañeda, S., Peñaloza, E. & Austria, F. (2014). *Perfiles agentivos y no agentivos en la formación del psicólogo*. Facultad de Psicología, UNAM.
- Dietiker, L., Singh, R., Riling, M., Nieves, H.I., & Barno, E. (2023). Narrative characteristics of captivating secondary mathematics lessons. *Educational Studies in Mathematics*, 112(3), 481-504. <https://doi.org/10.1007/s10649-022-10184-y>
- English, L.D. (2023). Ways of thinking in STEM-based problem solving. *ZDM – Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01474-7>
- Graham, S. & Marvin, S. (2001). *Splintering Urbanism Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition*, Taylor & Francis Group.
- Jackson, S. J. (2014). Rethinking Repair. In T. Gillespie, P. J. Boczkowski & K. A. Foot (Eds.), *Media Technologies Essays on Communication, Materiality, and Society*. The MIT Press.
- Lau, N.T.T., Hawes, Z., Tremblay, P. & Ansari, D. (2021). Disentangling the individual and contextual effects of math anxiety: A global perspective. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 119(7).
- Li, L., & Disney, L. (2023). Young children's mathematical problem solving and thinking in a playworld. *Mathematics Education Research Journal*, 35(1), 23-44.
- Macedo, B. (1997). La educación científica, un aprendizaje accesible a todos. *Boletín Proyecto Principal de Educación*, 44, 5-7.

Castañeda, A., Vázquez-Grande, E. & González-Polo, R. I. (2024). Una perspectiva emergente del tratamiento del error en matemáticas. *Atenas*, nro. 62, e10520, 1-12.



OECD (2017), *Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias*. OECD Publishing.

Race, R. (2008). Content Analysis. (pp.120-122). En L. M. Given (Ed.), *The SAGE Encyclopedia of Qualitative Research Methods*. SAGE.

Rigo, D.Y., Squillari, R. B., Caraballo, M.R. & Rovere, R. (2021). Revisión teórica del concepto agencia. Implicancias educativas para comprender el compromiso académico. *Ciencia y Educación*, 5(2).

Rouleau, A., Ruiz, N., Reyes, C. & Liljedahl, P. (2019). Examining Sources of Self-Efficacy in Whole-Class Problem Solving. (pp. 219-239). In P. Felmer, P. Liljedahl, & B. Koichu (Eds.), *Problem Solving in Mathematics Instruction and Teacher Professional Development*. Springer.

Siller, H.S., Elschenbroich, H.J., Greefrath, G., & Vorhölter, K. (2023). Mathematical modelling

of exponential growth as a rich learning environment for mathematics classrooms. *ZDM – Mathematics Education*, 55(1), 17-33.

Schukajlow, S., Rakoczy, K., & Pekrun, R. (2023). Emotions and motivation in mathematics education: Where we are today and where we need to go. *ZDM – Mathematics Education*, 55(2), 249-267.

Villa-Ochoa, J.A., Molina-Toro, J.F. & Borba, M.C. (2023). Roles of technologies for future teaching in a pandemic: activity, agency, and humans-with-media. *ZDM – Mathematics Education*, 55(1), 207-220.

Zavala, M.A. & Castañeda, S. (2014). Fenomenología de agencia y educación. Notas para el análisis del concepto de agencia humana y sus proyecciones en el ámbito educativo. *Magister*, 26(16), 98-104

Contribución autoral

Apolo Castañeda. 40% en la escritura del artículo, desarrollo de antecedentes y marco teórico

Edgar Vázquez-Grande. 30% en la escritura del artículo, establecimiento de categorías y escritura de conclusiones

Rosa Isela González-Polo. 30% en la escritura del artículo, formulación y escritura de teoría, metodología y conclusiones, revisión completa del artículo.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.