

Desafíos y oportunidades de la enseñanza de la matemática en entornos digitales, reflexiones de un profe de mate

Carlos Alvarado González

Profesor adhnorem, Instituto Tecnológico de Costa Rica

La gran razón por la cual los niños se abandonan por completo a las actividades tontas que les quitan el tiempo de forma insípida es porque encuentran que su curiosidad se ve obstaculizada y sus preguntas son descuidadas. John Locke

3.1 La matemática, herramienta imprescindible

La importancia de la matemática en el mundo actual es cada vez mayor, al proporcionar herramientas y métodos para abordar problemas complejos, tomar decisiones informadas y avanzar en la ciencia, la tecnología, el arte y la economía, entre otros. A medida que el mundo se vuelve más complejo, la demanda de habilidades matemáticas también aumenta. Así, es una disciplina fundamental en la formación de las personas a través de los diferentes niveles del proceso educativo. No sobra decir que la matemática proporciona a los estudiantes habilidades analíticas, razonamiento lógico y herramientas para resolver problemas.

Con el advenimiento de las tecnologías digitales, así como los cambios de paradigma que se han dado en los procesos de creación de conocimiento, surge la inevitable pregunta de qué hacer frente al reto que representa la enseñanza de la matemática en este nuevo entorno. Mucho se ha discutido sobre las potencialidades que puede representar la adopción de un ambiente virtual para llevar a cabo el desarrollo de estrategias para la enseñanza de la matemática. Sin embargo, diversos son los retos que se deben enfrentar, tanto tecnológicos, como metodológicos y humanos. Se van a exponer, a criterio del autor, algunas ideas que pueden ayudarnos a incursionar en este nuevo ambiente de formación.

Se presentan varias ideas, alrededor de conceptos como similitud, simetría, matemática visual, análisis de datos, etc., como insumos para que los estudiantes puedan asimilar y degustar la matemática, la que ha tomado un lugar preponderante en el nuevo paradigma de la ciencia de datos y, habilidades como aprender a aprender, autodisciplina, ética, fortalecimiento de la curiosidad, etc., se vuelven elementos imperativos.

3.2 Enseñanza virtual

A través de los años, se ha reflexionado mucho sobre las potencialidades de la enseñanza presencial versus la enseñanza virtual; las dos presentan sus propias ventajas y desventajas. La enseñanza virtual ofrece la flexibilidad de poder acceder al contenido educativo desde cualquier lugar y en cualquier momento, mientras que la enseñanza presencial ofrece la oportunidad de interacción social y colaboración directa entre estudiantes y docentes. Por ejemplo, en las siguientes tablas se resumen algunas fortalezas (Tabla 3.1) y debilidades (Tabla 3.2) de ambas modalidades.

Enseñanza presencial	Enseñanza virtual
<ul style="list-style-type: none"> ■ Interacción en persona, estableciendo vínculos afectivos. ■ Enseñanza personalizada con apoyo individualizado. ■ Acceso a entornos físicos seguros y adecuados. ■ Fomento de la socialización y habilidades sociales. ■ Interacción en persona que fomenta discusiones y debates. ■ Desarrollo de habilidades de colaboración. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utilización de juegos y aplicaciones educativas. ■ Recursos multimedia interactivos. ■ Flexibilidad para adaptarse a estilos de aprendizaje variados. ■ Mayor acceso a recurso en línea y materiales de aprendizaje. ■ Mayor flexibilidad en la programación de clases. ■ Autodirección del aprendizaje y autogestión. ■ Acceso a una amplia gama de recursos en línea. ■ Flexibilidad en horarios y ubicación. ■ Desarrollo de habilidades de autodirección.

Tabla 3.1: Fortalezas de cada modalidad

Enseñanza presencial	Enseñanza virtual
<ul style="list-style-type: none"> ■ Limitaciones de recursos tecnológicos en algunas áreas. ■ Necesidad de traslados a la institución. ■ Rigidez en horarios y ubicación. ■ Posible falta de acceso a tecnología y recursos en línea. ■ Requerimiento de autodisciplina y gestión del tiempo. ■ Evaluaciones en persona pueden ser estresantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Falta de interacción directa entre el docente y los estudiantes. ■ Crear espacios de colaboración entre estudiantes. ■ Dificultad para desarrollar habilidades sociales. ■ Aumento de la carga de trabajo para los estudiantes porque pueden tener que dedicar más tiempo al estudio para compensar la falta de interacción directa con el docente. ■ Posible distracción en línea. ■ Requiere altos niveles de autodisciplina. ■ Posible desvinculación con el proceso de aprendizaje. ■ Requiere una mayor planificación por parte del docente.

Tabla 3.2: Debilidades de cada modalidad

En este caso, nos centraremos en la educación en modalidad virtual sin detrimento de la tradición de la educación presencial, la cual, en muchos casos, se hace imprescindible, sobre todo en los inicios del proceso educativo, así como en las últimas etapas de la formación universitaria, maestrías y doctorados.

La educación virtual, si bien se puede remontar a principios del siglo XX, es a partir de la década de los setenta cuando comenzó a desarrollarse de forma importante, con el desarrollo de sistemas de aprendizaje en línea y el aumento de la disponibilidad de computadoras personales. Y en la actualidad, se ha fortalecido con el desarrollo de las tecnologías digitales como la Internet, el abaratamiento de las computadoras, así como el incremento de su capacidad.

Existe otro gran dilema en la enseñanza virtual y es el referente a la necesidad de establecer una serie de elementos que permitan caracterizar qué tipo de enseñanza se debe brindar y esto según el nivel de escolarización y edad que tenga el estudiante. Así, deben considerarse estrategias diferentes, según el nivel educativo en que se encuentre, ya sea educación primaria, secundaria o universitaria.

En el caso de la enseñanza primaria, las evaluaciones virtuales pueden ser una herramienta útil para evaluar el progreso de los estudiantes en los conceptos básicos de la matemática. Sin embargo, es importante tener en cuenta las limitaciones de este formato, como el riesgo de fraude y la falta de interacción. Con respecto a la enseñanza secundaria, las evaluaciones virtuales pueden ser utilizadas para evaluar el dominio de conceptos más complejos y la capacidad de resolución de problemas. Sin embargo, es importante que las evaluaciones sean diseñadas cuidadosamente para evitar el fraude y garantizar que los estudiantes tengan la oportunidad de demostrar sus habilidades. Por su parte, en la enseñanza universitaria, las evaluaciones virtuales pueden ser una forma efectiva de evaluar el aprendizaje de los estudiantes en cursos de matemática. Las herramientas de analítica de aprendizaje pueden utilizarse para recopilar datos sobre el rendimiento de los estudiantes, lo que puede ayudar a los docentes a identificar problemas de aprendizaje y brindar apoyo personalizado.

La virtualidad obliga a repensar las formas de interacción, entre docente y estudiantes y entre los mismos estudiantes, así como la evaluación y el seguimiento del proceso de su formación. En efecto, la evaluación puede ser un problema ya que es difícil garantizar que los estudiantes estén aprendiendo de forma efectiva. Esto se debe a que el docente no puede observar de forma directa el progreso ni brindarles retroalimentación personalizada. Además, en dicho proceso de aprendizaje, se deben fortalecer habilidades como aprender a aprender, problema que se profundiza, según el nivel en que se encuentra el estudiante. Así, no es lo mismo dicha habilidad en un niño que se encuentre en la educación primaria, a un adolescente colegial.

Así, estos desafíos concernientes a la evaluación y seguimiento en el aprendizaje de los estudiantes requieren que nos adaptemos a las características y dinámicas particulares de este entorno de aprendizaje. En primer lugar, se debe asegurar que los estudiantes estén realizando sus trabajos de manera independiente y que dichas evaluaciones reflejen su propio aprendizaje, sin recurrir a prácticas deshonestas o fraudulentas, como algunos suponen ha sido en el caso en el periodo de pandemia del Covid-19. Pero, para alcanzar esto se debe supervisar el proceso de evaluación en línea que garantice la integridad y cumplimiento de las reglas establecidas. Esto quiere decir que se deben buscar soluciones efectivas que permitan prevenir el plagio y así mantener la confianza en los resultados de la evaluación.

Para aprovechar las fortalezas y minimizar las debilidades de la evaluación de los cursos de matemática en formato virtual, es necesario el uso de una variedad de métodos de evaluación; esto ayudará a garantizar que los estudiantes sean evaluados de forma integral y que el formato virtual no limite la capacidad de los docentes para evaluar el aprendizaje. Por lo tanto, se requiere diseñar evaluaciones de forma cuidadosa con el fin de evitar el fraude y garantizar que las evaluaciones sean justas y equitativas.

En síntesis, la evaluación de cursos de matemática en formato virtual presenta tanto fortalezas como debilidades y es importante que los docentes las tengan en cuenta con el fin de diseñar evaluaciones que sean efectivas y justas.

3.3 IA: ¿Inteligencia Artificial o Inteligencia Aumentada?

En la actualidad, muchos de los conceptos que se han desarrollado en el tiempo alrededor de las tecnologías digitales, se han ido aglutinando a través de un término general como es el de Inteligencia Artificial. A pesar de que este concepto data de 1956, desgraciadamente, su uso se ha vuelto un término cliché que sirve, en muchos casos, para posicionar un producto, servicio o sistema en el mundo comercial. En años anteriores se hablaba de reconocimiento de voz, Photoshop, algoritmos, redes neuronales; hoy se habla de Inteligencia Artificial. Erróneo es considerar que, por razones meramente comerciales, cualquier avance en el mundo de las tecnologías digitales, se hable de Inteligencia Artificial.

Como se desprende del libro de Julia (2019), la Inteligencia Artificial, al estilo hollywoodense, no existe. Más bien, se puede ver esta como una "caja de herramientas" cuyas aplicaciones pueden ser de gran utilidad en diferentes áreas y que involucran

gran cantidad de datos, siempre y cuando se haga un buen uso de ellas. Y es en esa vía, que consideramos cómo debe posicionarse en el mundo de la enseñanza: un conjunto de aplicaciones que pueden ayudar, si se hace un buen uso, en el fortalecimiento de la formación de los estudiantes.

Mucho se ha hablado de la derrota que sufrió el campeón mundial de Go, el sudcoreano Lee Sedol, frente al algoritmo *AlphaGo*¹. Lo que quizás no se ha dicho es que, por ejemplo, Lee Sedol utilizó, en las diferentes partidas, un consumo de 20 Wh de energía, producto del uso de su cerebro, mientras que *AlphaGo* requirió de 1500 procesadores, 30 GPU (Unidades de Procesamiento de Gráficos) y 30 TPU (Unidades de Procesamiento de Tensores). Es decir, para hacer un sistema capaz de vencer a una persona en el juego de Go, se requirió, además de ser altamente especializado, un consumo de 440 kWh. Y si se deseara que este sistema jugara damas chinas, quizás no podría hacerlo.

Así, la Inteligencia Artificial, en cualquier disciplina y, principalmente en la educación virtual, debe ubicarse en su propia realidad. Como se dijo anteriormente, se debe ver como un conjunto de aplicaciones que pueden ayudar al docente y a sus estudiantes en el proceso de aprendizaje. De esta forma, es erróneo creer que con solo contar con una laptop y una conexión a Internet, se pueda impartir una educación de calidad.

En conclusión, la Inteligencia Aumentada se centra en el uso de la tecnología para mejorar la inteligencia humana. Esto puede tener un impacto positivo en nuestras vidas, ya que nos permitirá hacer cosas que no podríamos hacer por nosotros mismos. Por ejemplo, puede ayudarnos a tomar mejores decisiones, a aprender más rápido y a ser más creativos. En este sentido, la Inteligencia Aumentada es una forma más positiva de ver el futuro de las tecnologías digitales. Nos permite centrarnos en las posibilidades que ofrece esta tecnología, en lugar de los riesgos que conlleva.

3.4 La curiosidad, raíz del conocimiento

Un elemento por considerar en el contexto del aprendizaje de un estudiante es fortalecer la habilidad de la curiosidad. Este es un punto crucial que está presente en las personas, desde su más tierna infancia. Sin embargo, esta sed de saber se va perdiendo a través de los años. Este es un elemento básico que se debe fortalecer si se desea que la habilidad de "aprender a aprender" se convierta en verdaderamente un insumo y no en una simple definición, sin ningún tipo de relevancia. Porque el "aprender a aprender" es imperativo en un ambiente de enseñanza virtual, en donde el estudiante debe asumir una serie de tareas por su cuenta, a diferencia de un ambiente presencial.

Según el autor Livio (2017) la curiosidad puede clasificarse en varios tipos, de los cuales rescatamos dos. En primer lugar la *curiosidad epistémica* que nos impulsa a adquirir conocimientos por el simple deseo de saber más. Es la curiosidad intelectual que nos lleva a hacer preguntas y explorar nuevos temas. Como se mencionó anteriormente, este tipo de curiosidad es inherente a las personas, la cual se va disipando a través de la edad del estudiante; en algún momento pasamos de ser personas sedientas de saber a personas más conformistas e indiferentes. ¿Qué pasó?, ¿en qué momento se da este desgano?, ¿es el sistema educativo vigente el responsable directo, o son otros factores? Preguntas que quizás sean difíciles de responder, pero que sí evidencian una realidad, la capacidad de asombrarnos se va perdiendo a través de los años en el sistema educativo. Por otra parte, se tiene la *curiosidad sobre el futuro*, que nos impulsa a especular, planificar y anticipar lo que vendrá, lo que puede ser útil en la forma de decisiones. Este tipo de curiosidad se va haciendo más notoria conforme se avanza en la escala de formación del estudiante; entre más avanzado, el estudiante debe fortalecer esta habilidad de tratar de predecir el futuro, que es uno de los pilares fundamentales del mundo de la ciencia de datos.

3.5 Aprender a aprender

Entre la gran variedad de propuestas metodológicas, un elemento de la mayor importancia para desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje tiene que ver con que los estudiantes deben adquirir la habilidad de "aprender a aprender". Sin embargo, esta posibilidad se hace más incierta cuando se habla de la educación virtual, porque esto requiere una persona con grandes deseos de aprendizaje, así como autodisciplina, cualidades que se han ido perdiendo a través de los años. Ahora, la gran pregunta que surge es, ¿cómo realizar esto?

Un elemento básico para fomentar la curiosidad en los estudiantes es transmitir la idea de la horizontalización de la matemática y cómo ella aparece como un hilo conductor en diferentes disciplinas. En el libro de Hofstadter (1982) se exploran temas

¹AlphaGo es un programa informático desarrollado por Google DeepMind para jugar al juego de mesa Go.

relacionados con la lógica, la matemática, la música, el arte y la inteligencia. Esta obra promueve la idea de que estas disciplinas aparentemente dispares, están interconectadas de maneras sorprendentes. Y esto puede inspirar a los estudiantes a explorar conexiones entre diferentes áreas del conocimiento y fomentar la curiosidad por descubrir estas relaciones. Además, se presentan desafíos intelectuales y rompecabezas, lo que puede estimular la curiosidad en los estudiantes al invitarlos a resolver problemas y a explorar conceptos complejos por sí mismos. Al enfatizar la importancia de la expresión personal y la originalidad, puede alentar a los estudiantes a explorar sus propias ideas y fomentar su curiosidad en la búsqueda de formas creativas de expresarse.

La curiosidad es un rasgo natural de los seres humanos, que se manifiesta desde la infancia. Los niños son curiosos por naturaleza, ya que están descubriendo el mundo que los rodea. Los lleva a hacer preguntas, investigar, buscar respuestas y probar cosas nuevas. Este proceso activo de exploración es esencial para el aprendizaje autodirigido, importante sobre todo en ambientes virtuales de enseñanza. Sin embargo, esta curiosidad puede ir disminuyendo a medida que los niños van creciendo. Así, la pregunta que surge es por qué, en algún momento del desarrollo de los niños, el interés de asombrarse y la curiosidad que nos acompaña desde la más tierna infancia, se perdió en el camino, ¿por qué perdimos esa capacidad de asombrarnos?

Existen una serie de factores que pueden contribuir a la pérdida de la curiosidad en los niños. En primer lugar, se puede mencionar la presión social, esto es que los niños pueden sentirse presionados para encajar en un determinado grupo o para seguir las expectativas de los demás. Esto puede llevarlos a reprimir su curiosidad por miedo a ser juzgados o rechazados. También, se puede mencionar el miedo al fracaso, en donde los niños pueden tener miedo de equivocarse o de no ser lo suficientemente buenos. Esto puede llevarlos a evitar situaciones nuevas o desafiantes, lo que puede limitar su curiosidad. Por otra parte, se podría mencionar la falta de estímulos en los estudiantes para mantener su curiosidad. Si el entorno no ofrece suficientes estímulos, los estudiantes pueden aburrirse y perder su interés por aprender. Finalmente, otro elemento disonante puede ser la educación formal, ya que puede contribuir a la pérdida de la curiosidad si se centra demasiado en la memorización y la repetición. Los estudiantes necesitan oportunidades para explorar, experimentar y resolver problemas por sí mismos.

3.6 Metodología MAETS

En efecto, en vez del acrónimo STEAM, se podría usar el acrónimo MAETS², debido a la importancia que reviste la matemática en esta propuesta metodológica, tanto, como formación profesional, así como andamiaje fundamental para las áreas del Arte, la Ingeniería, la Tecnología y la Ciencia.

El concepto de STEAM, más que una metodología de formación, en muchos casos, se ha convertido en un concepto comercial que fundamentalmente ha servido como imán de atracción en diferentes centros de educación. Es importante que este concepto realmente sea considerado como una opción viable para la formación de recurso humano en estas diferentes áreas sensibles y que son necesarias para el desarrollo de las economías, así como la formación integral de las personas.

Otro aspecto que se debe considerar es que la acumulación y administración de datos se han vuelto tan importantes en los diferentes campos del saber que incluso el mismo método científico se ve enfrentado a una forma alternativa de producir conocimiento. En efecto, con el método científico lo que se busca es establecer hipótesis, las cuales se validan con la generación de datos. Sin embargo, actualmente, con la generación de grandes volúmenes de datos, se puede proceder de forma inversa, es decir, a partir de estos se establecen hipótesis como patrones, correlaciones y tendencias que sean de interés para crear nuevo conocimiento o para la toma de decisiones. Por esta razón, no se puede desligar de esta propuesta lo que concierne a la acumulación, administración y análisis de grandes volúmenes de datos, lo que requiere soluciones matemáticas a estos análisis y no es extraño cómo la matemática se ha vuelto una disciplina vital en esta nueva coyuntura.

3.7 Sacar a la matemática del pizarrón y del aula

Con el propósito de enamorar a los estudiantes sobre la matemática, poco se lograría si se sigue enseñando como se ha hecho desde hace siglos; lo que debemos hacer es sacarla de los pizarrones y aulas de cuatro paredes y llevarla al entorno de los estudiantes y sus áreas de interés.

²El apellido MAETS proviene del catalán "mates" y podría haberse originado como un apodo para alguien que era amigo de muchos.

A continuación se presentan algunos elementos que, a criterio del autor, podrían considerarse con el fin de incorporar la matemática en el mundo real y el mundo de los datos.

3.7.1 Simetría

La palabra simetría proviene del griego *sym* (con), *métron* (medida). Por lo tanto, la palabra simetría puede traducirse como "con medida" o "medida justa". En su sentido original, la simetría se refería a la correspondencia en forma, tamaño y posición de las partes de un todo. También se utiliza para referirse a la correspondencia entre dos o más cosas.

Según se explica en el libro de Livio (2005), la simetría se puede ver como un concepto universal que se halla en todas las disciplinas y se puede encontrar en la naturaleza, en la ciencia, en el arte y en la arquitectura. Por ejemplo, las flores son simétricas, los cristales están formados por átomos dispuestos de forma simétrica, las matemáticas están llenas de conceptos simétricos, y muchas obras de arte y arquitectura están inspiradas en la simetría. Asimismo, menciona que, por ejemplo, de las diferentes apariencias que los animales podían haber adoptado, prevalecieron las simetrías, sin olvidar las leyes de la física, lo que favorece una propuesta que puede enamorar a los estudiantes.

Así, la simetría puede ser entendida y apreciada por personas de diferentes disciplinas. La simetría es un concepto estético que puede ser apreciado por personas de todas las edades y niveles de formación. Además, puede ser utilizado para generar nuevas ideas, pues ayuda a encontrar nuevas soluciones a problemas científicos, crear nuevas obras de arte y diseñar nuevas estructuras arquitectónicas.

Asimismo, en su libro Livio (2005) proporciona numerosos ejemplos de cómo la simetría ha sido utilizada para integrar la ciencia, el arte y la matemática. Por ejemplo, menciona la obra del matemático griego Pitágoras, quien creía que la música se basaba en principios matemáticos simétricos. También menciona la obra del artista y matemático Maurits Cornelis Escher, quien utilizó la simetría para crear imágenes imposibles que desafiaban la percepción humana.

Por su parte, en la obra de Stewart (2007), se enfatiza en la importancia de la simetría como herramienta para integrar, ciencias y arte y, al establecerla como un concepto general, se convierte en un lenguaje común que sirve para conectarlas. Asimismo, afirma que nos puede ayudar a comprender el mundo que nos rodea y nos puede inspirar la creatividad.

La simetría es un concepto que se puede considerar en la enseñanza de la matemática porque proporciona una base para el razonamiento lógico, la resolución de problemas y nos permite identificar patrones y regularidades en el mundo que nos rodea.

Un tipo de simetría que puede ser de gran utilidad para que el estudiante fortalezca su curiosidad es la que se denomina *simetría bilateral*. Este es un concepto común en la naturaleza y se encuentra en muchas criaturas vivas, como los seres humanos, animales y plantas. También se utiliza en el diseño y el arte pues es una característica estética atractiva y puede tener aplicaciones prácticas en la ingeniería y la arquitectura, ya que puede facilitar la fabricación y el diseño de objetos.

Así, la simetría es una característica intrínseca de la naturaleza. La encontramos en todas partes, desde la simetría de un copo de nieve hasta la simetría en la estructura de las moléculas. Como se mencionó, sirve como enlace entre diferentes áreas del saber.

También, la simetría es importante en la resolución de problemas. Al identificar la simetría en un problema, podemos simplificarlos y hacerlo más fácil de resolver. Por ejemplo, si un problema implica encontrar el área de un cuadrado, podemos dividir el cuadrado en dos triángulos congruentes y resolver el problema usando la fórmula para el área de un triángulo.

La enseñanza de la simetría puede ayudar a los estudiantes a desarrollar un pensamiento crítico y creativo. Al proporcionar a los estudiantes oportunidades para explorar este concepto, los educadores pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades para identificar y describir patrones, razonar de forma deductiva, resolver problemas y pensar en forma abstracta.

En resumen, la simetría es una herramienta poderosa que une la ciencia, el arte y la matemática al ser una característica común en todas estas disciplinas. Facilita la resolución de problemas, la comunicación de ideas y la inspiración interdisciplinaria, lo que la convierte en un concepto fundamental para comprender la interconexión de diferentes áreas del conocimiento.

3.7.2 Similitud

La palabra similitud proviene del latín *similitudo*, que a su vez se deriva de *similis*, que significa similar o semejante. Así, se usa para referirse a la cualidad o estado de ser similar o parecido a algo más. Con el tiempo, esta palabra pasó al español y se convirtió en similitud, manteniendo su significado original de parecido o semejanza entre dos o más cosas.

Como se menciona en la publicación de González (2023), la similitud es fundamental en el contexto humano. En casi cualquier actividad surge el imperativo de comparar objetos, ya sean físicos o intangibles, como las ideas. Estas comparaciones se pueden referir a brechas entre clases sociales, cercanías entre modelos, indicadores de desarrollo humano, eficacia de un documento, intervalos de tiempo, etc. Una forma de crear un modelo matemático que permita la comparación de objetos se puede hacer mediante la creación de métricas, como es el caso de una función *distancia*.

Así, el concepto de similitud es fundamental para muchas actividades humanas, tanto a nivel individual como colectivo. En el ejemplar de Deza y Deza (2016) se pueden apreciar cómo las distancias matemáticas nos sirven para comparar objetos en diferentes disciplinas como la física, la biología, las ciencias de la tierra, etc.

A nivel individual, la similitud es esencial para nuestra capacidad de aprender y comprender el mundo que nos rodea. Aprendemos identificando similitudes entre experiencias nuevas y antiguas, y usando esas similitudes para hacer predicciones sobre el futuro. En el arte, nos ayuda a apreciar el arte; podemos encontrar una pintura hermosa porque es similar a las cosas que encontramos bellas en el mundo real. Y, en el caso de la ciencia es fundamental, ya que nos ayuda a hacer predicciones, uno de los pilares fundamentales del desarrollo de la ciencia de datos.

Por otra parte, como concepto filosófico, la similitud puede desempeñar un papel crucial en el fortalecimiento de la habilidad de aprender a aprender en matemática y en otras áreas del conocimiento. Por ejemplo, la similitud puede ayudar a establecer relaciones y patrones entre diferentes objetos y conceptos, ya que, al fomentar el pensamiento analógico, los estudiantes pueden transferir conocimientos y estrategias de resolución de problemas de una situación a otra. Al alentar a los estudiantes a hacer estas conexiones, se fomenta un aprendizaje más significativo y una comprensión más sólida de los principios matemáticos subyacentes y esto puede manifestarse en reconocer cómo ciertos conceptos están relacionados entre sí o cómo se aplica en otras disciplinas y situaciones del mundo real.

Esto les permite a los estudiantes aplicar lo que han aprendido en un contexto a nuevas situaciones matemáticas, lo que es esencial para aprender a aprender y desarrollar una comprensión más profunda y flexible de la matemática. Es una invitación a los estudiantes a explorar diferentes perspectivas y enfoques para abordar problemas en diferentes contextos y a considerar múltiples estrategias para resolverlos, enfrentando desafíos con confianza y enfoques más innovadores.

Así, la similitud puede alentar a los estudiantes a buscar conexiones por sí mismos y promueve el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico. Los estudiantes se convierten en aprendices activos y curiosos que están motivados a explorar y descubrir nuevos conceptos y relaciones matemáticas por sí mismos, pudiendo desarrollar una base sólida para enfrentar nuevos desafíos y para aplicar sus conocimientos, tanto dentro como fuera del aula. Esto es esencial para el desarrollo de la habilidad de aprender a aprender a lo largo de toda su vida.

3.7.3 Matemática visual

Para finales del siglo XIX y principios del XX, el pedagogo suizo Johann Heinrich Pestalozzi hizo importantes contribuciones a la educación, incluyendo la enseñanza de la matemática a través de mecanismos visuales y prácticos. Pestalozzi promovió el uso de objetos físicos y materiales manipulativos, como bloques, cubos y otros objetos, para enseñar conceptos matemáticos. Creía que los estudiantes debían experimentar con objetos tangibles para comprender mejor los conceptos matemáticos abstractos. Pestalozzi enfatizaba la importancia de desarrollar la intuición matemática. Creía que los estudiantes debían adquirir una comprensión profunda de los conceptos matemáticos a través de la observación y la práctica, en lugar de simplemente memorizar fórmulas y reglas. Abogaba por la participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. Creía que los estudiantes debían descubrir por sí mismos los conceptos matemáticos, y los maestros debían actuar como guías y facilitadores. Pestalozzi también abogaba por adaptar la enseñanza de las matemáticas al nivel y las necesidades individuales de cada estudiante. Reconocía que cada estudiante tenía su propio ritmo de aprendizaje y que los maestros debían personalizar la enseñanza.

Y esta posibilidad de trabajar con una matemática visual, permite que se fortalezca la curiosidad, al llevar de la mano a los estudiantes y puedan descubrir que la matemática está presente por doquier: en la construcción de las colmenas de las abejas,

en donde las celdas son hexágonos perfectos; en los periodos de hibernación de cigarras basados en números primos; en el mundo mineral, como es el caso de unas 40 000 columnas de basalto en forma de hexágonos y pentágonos de la Calzada del Gigante en Irlanda, etc.

Por otra parte, en el mundo donde nos desenvolvemos, la generación de ingentes cantidades de datos, en muchas ocasiones, las decisiones basadas en los datos se tendrán necesariamente que realizar en forma visual. Incorporar estas capacidades de visualización en los programas de los estudiantes pueden ayudar a fortalecer la capacidad de resolver problemas, analizando patrones y correlaciones y contar así con herramientas sólidas para establecer predicciones.

3.7.4 Lenguaje sencillo

Es curioso cómo el cálculo diferencial e integral se enseña actualmente como se hacía hace 200 años. En el tratado de Lacroix (1820) se aprecia el desarrollo de la teoría y los ejercicios que acompañan a los diferentes temas. No es importante para un estudiante pasar largas horas resolviendo cientos de integrales, por ejemplo, por partes, cuando existen aplicaciones informáticas que lo pueden hacer de forma automática. Y en un ambiente de enseñanza virtual, asignar a los estudiantes resolver este tipo de problemas, posiblemente utilizarán aplicaciones que los resuelvan por ellos. No estoy afirmando que el cálculo no sea de gran relevancia; lo que sí cuestiono es la forma en que lo hacemos. Más importante es enfatizar en cómo el concepto de derivada o integral se puede utilizar para resolver problemas concretos.

Así, se debe salir de propuestas de enseñanza de la matemática que lo único que persiguen es realizar problemas repetitivos que se centran en solamente cálculos. Esto se justificaba en el pasado, pero contando con aplicaciones que permiten hacer esos cálculos, no tiene sentido que hoy en día le pidamos a un estudiante que realice, por ejemplo, el producto de dos números de cuatro dígitos utilizando una tabla de logaritmos. Para ello, una simple calculadora podría hacer dicha tarea, y eso no significa que el estudiante pierda capacidad cognitiva. Por ello, se debe ir a buscar otras alternativas que le permitan al estudiante ser más creativo.

Según la obra de Nonaka y Takeuchi (1995), una forma de crear conocimiento tácito³ es mediante el uso de un lenguaje figurativo, utilizando por ejemplo, la metáfora y la analogía. En esa línea, estos conceptos también podrían facilitar el uso de un lenguaje matemático más simple, al proporcionar a los estudiantes relacionar conceptos matemáticos abstractos con ideas o situaciones más concretas, lo que hace que sea más fácil para las personas comprender dichos conceptos. En el campo de la matemática, se utilizan términos técnicos y una jerga específica que pueden ser difíciles de entender para aquellos que no son expertos en la materia. Las metáforas y analogías pueden ayudar a superar estas barreras al proporcionar un lenguaje más accesible, lo que hace que los estudiantes encuentren relevancia en lo que están aprendiendo y así pueden descubrir nuevas formas de abordar problemas matemáticos y promover la creatividad en la resolución de problemas.

En resumen, aunque la obra de Nonaka y Takeuchi (1995) no se centra en el lenguaje matemático en particular, el uso de metáforas y analogías puede ser una estrategia efectiva para hacer que los conceptos matemáticos sean más accesibles y comprensibles y estimulen la creación de conocimiento.

³Según su modelo, el conocimiento tácito se refiere a conocimientos y habilidades que una persona posee pero que son difíciles de expresar o transmitir de manera formal. Este tipo de conocimiento es altamente personal y a menudo se adquiere a través de la experiencia, la práctica y la intuición.

3.8 Reflexión final

Según el informe "The Economic Value of Mathematics in the UK" publicado por la Royal Society en 2022, la matemática representa un 10 % del PIB de Reino Unido. Este porcentaje se calcula teniendo en cuenta el valor económico de los productos y servicios que utilizan la matemática, así como el valor de los empleos que requieren conocimientos matemáticos.

Así, hoy más que nunca, la matemática se ha convertido en un motor fundamental para el desarrollo de las naciones. Por ello, en los procesos vigentes de educación, se hace un imperativo que la matemática fluya de la mejor manera en las mentes de las personas; que sean capaces de asimilarla de la forma más natural posible. Por ello, se debe analizar lo que se ha hecho hasta ahora y dar el golpe de timón necesario, para que desde la más tierna infancia, sin perjuicio de géneros, podamos utilizarla con el fin de responder a muchas de las cuestiones que nos rodean cotidianamente.

En la creación de conocimiento, actualmente, pasamos de un modelo de causalidad a uno en donde lo que se resalta es que los fenómenos se dan; y esto se debe a que, en muchos casos, los fenómenos por analizar cuentan con todos los datos y no solamente una muestra de estos. Así, pasamos de un muestreo a uno en donde, al contar con todos los datos, los análisis se vuelven fundamentales y para navegar en este ambiente, la matemática se hace imprescindible. Muchas de las decisiones basadas en datos que se están tomando, se hacen sobre diagramas y no tanto sobre cantidades de tablas y texto. Por ello, se hace necesaria la habilidad de una matemática visual que permita presentarlos y analizarlos de la mejor manera.

Como se ha planteado anteriormente, la similitud y la simetría pueden brindar a los estudiantes una forma intuitiva de comprender conceptos matemáticos abstractos, ya que, al trabajar con figuras y objetos que son similares o simétricos, los estudiantes pueden visualizar y relacionar propiedades geométricas y algebraicas de manera más efectiva y esto les puede ayudar a internalizar y aplicar conceptos de una manera más natural.

Asimismo, estos conceptos pueden ofrecer a los estudiantes herramientas para abordar problemas matemáticos de manera creativa. Al reconocer similitudes entre problemas previamente resueltos, los estudiantes pueden aplicar estrategias y técnicas similares para resolver nuevos desafíos. Además, la simetría proporciona un marco para explorar y descubrir nuevas soluciones mediante la manipulación y transformación de objetos simétricos.

Y un elemento vital es que la similitud y la simetría tienen aplicaciones en diversas disciplinas más allá de la matemática. Al explorar estos conceptos, los estudiantes pueden establecer conexiones con otras áreas como la física, la biología, el arte y la arquitectura. Esto enriquece su comprensión de la matemática al ver cómo se aplican en diferentes contextos, se promueve una visión interdisciplinaria del conocimiento.

Así, la similitud y la simetría desempeñan un papel esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática. Estos conceptos ayudan a los estudiantes a comprender conceptos abstractos, estimulan el pensamiento visual y espacial, promueven la resolución de problemas y fomentan la creatividad. Además, establecen conexiones interdisciplinarias y preparan a los estudiantes para conceptos matemáticos más avanzados. Se sugiere que los educadores integren la similitud y la simetría de manera efectiva en su enseñanza, utilizando ejemplos concretos y actividades prácticas para promover una comprensión profunda y significativa de estos conceptos matemáticos.

La enseñanza de la matemática no debe quedarse estática, ya que la sociedad, la tecnología y las necesidades educativas están evolucionando rápidamente. En efecto, el desarrollo de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, la computación cuántica y la robótica afectan la forma en que se utiliza la matemática y, por tanto, debe igualmente adaptarse a este cambio. Los estudiantes deben estar preparados para utilizar herramientas digitales y software que requieren conocimientos matemáticos actualizados, sin olvidar la diversidad de los estudiantes y sus diferentes estilos de aprendizaje. Se requieren enfoques pedagógicos que sean más accesibles y relevantes para todos los estudiantes.

En resumen, la actualización de la enseñanza de las matemáticas es esencial para preparar a los estudiantes para los desafíos y oportunidades del mundo actual. Esto implica no solo adaptar los contenidos, sino también los métodos pedagógicos y enfoques educativos para promover una comprensión más profunda y aplicada de las matemáticas en la vida cotidiana y en el ámbito profesional. La actualización de la enseñanza de la matemática es una inversión en el futuro. Al proporcionar a los estudiantes las habilidades matemáticas que necesitan, les estamos preparando para el éxito en un mundo cada vez más complejo y cambiante.

3.9 Referencias bibliográficas

- 1 Borba, M. (2021). The future of mathematics education since COVID-19: humans-with-media or humans-with-non-living-things. *Educational Studies in Mathematics*, 108, 385-400.
- 2 Brading, K. y Castellani, E. (2017). *Simetría y ruptura de la simetría. Diccionario Interdisciplinar Austral*. Recuperado el 15 de julio de 2023. http://dia.austral.edu.ar/Simetría_y_ruptura_de_la_simetría
- 3 Deza, M. y Deza, E. (2016). *Encyclopedia of Distances* (4th ed.) Springer.
- 4 González, C. (2023). *Ciencia de Datos*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- 5 Hofstadter, D. R. (1982). *Gödel, Escher, Bach: Una eterna trenza dorada*. CONACYT.
- 6 Julia, L. (2019). *L'intelligence artificielle n'existe pas*. Ed. First.
- 7 Lacroix, S. F. (1820). *Traité élémentaire de calcul différentiel et de calcul intégral*. Mme Ve Courcier, Eibraire pour les Sciences.
- 8 Livio, M. (2005). *The Equation That Couldn't Be Solved*. Simon y Schuster, Inc.
- 9 Livio, M. (2017). *Why?: What Makes Us Curious*. Simon y Schuster, Inc.
- 10 Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-creating company*. Oxford University Press.
- 11 Perrenoud, P. (2008). *Dix nouvelles compétences pour enseigner Invitation au voyage*. (5e éd). Paris.
- 12 Rodríguez, P. (2018). *Inteligencia Artificial: Cómo cambiará el mundo (y tu vida)*. Deusto.
- 13 Stewart, I. (2007). *Why Beauty Is Truth. A History of Symmetry*. Basic Books.