

ESPECIAL: XVI Conferencia Interamericana de Educación Matemática

Encuesta: la importancia de la educación matemática en el mundo de hoy

LAS MATEMÁTICAS Y EL MUNDO ACTUAL

Una encuesta

Del 30 de julio al 4 de agosto del 2023, el Programa de Estudios Generales de nuestra universidad organizó la XVI Conferencia Interamericana de Educación Matemática. Este evento congregó a siete especialistas de diversas partes del mundo para discutir la importancia de las matemáticas en la educación actual. Asimismo, presentaron novedades pedagógicas y teóricas de enorme interés para educadores, estudiosos e investigadores del campo. Por esta razón, convocamos a ocho destacados invitados del evento, quienes responderán cinco preguntas en torno a diversos aspectos sobre la relación entre la matemática y la educación, así como su impacto en la formación humana, de especial relevancia hoy, que vivimos en la era de la inteligencia artificial.

Invitados:

José María Chamoso (España)

Luis Sebastiao (Brasil)

Luis Carlos Arboleda (Colombia)

José María Marban (España)

Edgar Alberto Guacaneme (Colombia)

Soledad Estrella (Chile)

Salvador Linares (España)

Ana Claudia Vilchis (México)

doi: <https://doi.org/10.26439/en.lineas.generales2023.n010.6942>

Preguntas:

- 1.- ¿Cuál considera el reto más importante de la educación matemática en estos tiempos? La tecnología, por ejemplo, la llamada inteligencia artificial, ¿es una amenaza o un aliado?
- 2.- ¿Qué aportan las matemáticas a la vida humana?
- 3.- Muchas veces se piensa en las matemáticas como algo opuesto a las humanidades. ¿Cómo ve usted este problema?, ¿está de acuerdo o en desacuerdo con esta premisa?
- 4.- ¿En qué tema o proyecto está involucrado en este momento? ¿Qué busca y qué expectativa tiene sobre los resultados que podría conseguir?
- 5.- Suponga esta situación: está usted caminando por la calle, un niño lo detiene y le dice: "Disculpe, me puede decir, por favor, ¿cuál es la importancia de estudiar matemáticas?"

JOSÉ MARÍA CHAMOSO (España)

- 1.- Entiendo que el reto actual más importante de la educación matemática es mostrar que las matemáticas pueden ayudar a conseguir un mundo mejor, más justo, más educado, más respetuoso, más civilizado, más igualitario y que atienda a los objetivos del desarrollo sostenible. La llamada inteligencia artificial no es una amenaza ni un aliado, sino que es algo que ha llegado para quedarse y con la que hay que aprender a convivir.
- 2.- Las matemáticas están relacionadas con una gran cantidad de áreas de conocimiento, de manera que, entre todas, son la base de la vida humana. Además, las matemáticas ayudan a ejercitar y fortalecer la reflexión crítica y el razonamiento.
- 3.- Las matemáticas, al igual que las humanidades, son eminentemente formativas. Quizás de forma diferente, pero diría que son complementarias.
- 4.- Uno de los proyectos en que estoy trabajando es acercar las matemáticas a contextos reales para intentar mostrar que las matemáticas están en todas partes. Eso podría ayudar a que se mostraran más cercanas y motivadoras para todos.
- 5.- Miraría alrededor e intentaría mostrar las matemáticas que subyacen en muchos de los aspectos que se pueden ver en ese momento: en una puerta, en una farola, en una casa, en una pelota, en el suelo, en una pared, en un anuncio...

LUIS SEBASTIAO (Brasil)

- 1.- El principal desafío de la educación matemática hoy en día, es pensar en una educación que promueva un cambio efectivo en la forma en que entendemos

los diferentes espacios en los que estamos insertos. Durante mucho tiempo, la enseñanza de las matemáticas estuvo centrada en las definiciones y repeticiones de ejercicios. Hoy, esta misma enseñanza nos invita a una relación más cercana con la vida de cada sujeto. En este sentido, las matemáticas se convierten en una herramienta importante para que podamos avanzar con seguridad y tranquilidad. Es imposible detener los avances tecnológicos, en sus más diversas formas. Sin embargo, también es rol del educador matemático, a partir de los saberes que componen esta área, problematizar y sensibilizar a los sujetos en formación sobre las potencialidades y límites que tales avances nos imponen.

- 2.- Las matemáticas están presentes en diferentes espacios y en diferentes momentos de la vida humana. Es imposible pensar en una situación que sea totalmente ajena a conceptos que puedan ser entendidos a través de un sesgo matemático. Sin embargo, es necesario reflexionar sobre el entendimiento que diferentes sujetos tienen sobre esta afirmación. Para quienes estudian o enseñan matemáticas, esta percepción es casi natural. Sin embargo, para quienes están alejados de esta área del conocimiento, vincular las matemáticas con la vida humana no es tarea fácil. Relacionando esto con la primera pregunta, entiendo que este es uno de los grandes retos de la educación matemática hoy en día: crear puentes que puedan asociar conceptos matemáticos con situaciones que se puedan comprender a partir de ellos.
- 3.- En ocasiones, la forma en que el educador matemático orienta la construcción del conocimiento en los estudiantes no les permite percibir que los diferentes conceptos matemáticos fueron construidos a lo largo de la historia humana como respuesta a las necesidades, prácticas o intelectuales, de los hombres. Además, los diferentes conceptos son herramientas que se van construyendo y mejorando a lo largo de los años y nos ayudan a entender diferentes fenómenos naturales o sociales y en la toma de decisiones. En este sentido, no entiendo que las matemáticas sean aplicadas a las humanidades, sino un instrumento que ayude a comprenderlas.
- 4.- Durante los últimos doce años he estado investigando la formación de profesores que enseñan matemáticas. Este año comencé un nuevo proyecto que tiene como objetivo caracterizar cómo los estudiantes de quinto año de la enseñanza fundamental, construyen el pensamiento relacional, en particular con respecto a las propiedades de igualdad y noción de equivalencia. Este proyecto tiene una duración de dos años y con él pretendo profundizar la comprensión de cómo los estudiantes construyen el pensamiento relacional, centrándose en la forma en que pasan de las operaciones aritméticas a las algebraicas.

- 5.- Para mí, el estudio de las matemáticas se justifica desde dos ángulos diferentes. El primero se refiere al hecho de que las matemáticas son una construcción humana y, por tanto, un legado cultural dejado por las generaciones que nos antecedieron. En este sentido, es derecho de todo ser humano apropiarse de este saber históricamente elaborado. El segundo factor que nos lleva a estudiar matemáticas, como se mencionó anteriormente, es el hecho de que esta área del conocimiento es una herramienta que nos permite comprender y resolver diferentes situaciones en nuestra vida diaria. También es nuestro papel como educadores de matemáticas llamar la atención sobre este hecho, para que el estudiante comprenda los conceptos que se enseñan.

LUIS CARLOS ARBOLEDA (Colombia)

- 1.- A mi modo de ver, el reto más importante de la educación matemática sigue siendo en el fondo el que ya formularon los griegos: contribuir a la formación, en el ser humano, del conocimiento del mundo y el conocimiento de sí mismo. No hay duda de que las herramientas tecnológicas y muy particularmente las herramientas de la inteligencia artificial se revelan cada vez más como recursos importantes para este propósito educativo, pero siempre que se gestione su uso en las prácticas de enseñanza en condiciones didácticas apropiadas, lo cual es, hoy por hoy, uno de los grandes problemas de investigación en el campo de la didáctica.

Se investiga sobre el uso de estos recursos en la renovación de contenidos curriculares, por ejemplo, a través de búsquedas especializadas en internet que incorporan saberes y técnicas especializadas en sistemas de documentación educativa. Se trabaja intensamente con estas herramientas en el diseño de tutoriales virtuales que involucran cuestiones fundamentales de la práctica profesional del profesor en cuanto al aprendizaje y el rendimiento académico de sus alumnos. En general, su uso en el diseño y producción de materiales didácticos personalizados implica mucho conocimiento didáctico sobre las características diversas del aprendizaje, especialmente en lo referente a sistemas de representación y otros procesos cognitivos que profesor y alumno movilizan en el acto educativo.

En estas investigaciones no hay nada que señale que el uso inteligente de lo tecnológico y concretamente de la IA se reduzca al facilismo predominante de formular preguntas y esperar respuestas. Nada nos indica, por lo menos hasta ahora, que un producto de IA aplicado a la educación sustituya la experiencia humana de explicar el mundo y actuar en consecuencia. No creo que en la pretensión de la IA de reemplazar funciones humanas por “bots”, se capture la experiencia humana del deseo de saber, el júbilo por alcanzarlo, el desánimo

frente a un obstáculo epistemológico y el reto por superarlo, entre otros valores supremos que constituyen el fin último de la pedagogía y la educación.

En cuanto a lo “artificial” de lo tecnológico, que promete liberarnos de las tareas rutinarias de la educación para ocuparnos de los retos de la “nueva educación”, aquella del mundo robotizado de la cuarta revolución industrial, solo cabe esperar que ello no sirva para contentarnos con alinear simplemente la educación con las necesidades del mercado, sino para acrecentar la “inteligencia” de la práctica pedagógica. Es decir, para incrementar nuestra capacidad reflexiva (didáctica y epistemológica) de los saberes matemáticos y nuestra capacidad para discernir los problemas más significativos de la masa indiferenciada de fenómenos de la enseñanza y aprendizaje en el aula. Como escribía recientemente una profesora en uno de los tantos blogs que discuten estos temas en internet: “Seamos más inteligentes que las máquinas... sepamos como sociedad inteligente (de profesores) superponer los valores, la moral y la ética, a cualquier evolución y revolución tecnológica”.

- 2.- La pregunta sobre la importancia o aplicaciones de las matemáticas remite forzosamente a cuestionar por la naturaleza misma de la práctica matemática como actividad humana. A mí me gusta la explicación del topólogo estadounidense William Thurston en su célebre artículo de 1990 sobre la educación matemática (*Mathematical Education*). Thurston se refiere a esa capacidad de “abstracción hipostática” que tiene el razonamiento matemático de conducir a un nuevo objeto matemático, a través de una serie de actos de razonamiento encadenados, de tal manera que un razonamiento de nivel inferior es objeto de otro de nivel lógico superior y así sucesivamente, como ocurre con la extensión de los sistemas numéricos.

Esta capacidad le ha permitido al matemático apropiarse, en forma de teoremas, de propiedades simples, comunes a distintas teorías particulares, y modelar regularidades de fenómenos diversos del mundo social y natural. Esta capacidad de explicación múltiple implica disponer de una economía de pensamiento con respecto al trabajo disperso en problemas y disciplinas sometidas a hipótesis restrictivas y particulares. El educador matemático sabe muy bien, pues en ello consiste la esencia de su profesión, que estas características de reorganización y compresión teórica propias del pensamiento matemático, están muy alejadas del pensamiento de la vida corriente, y que solo se forman a través de un trabajo arduo y prolongado de intermediación didáctica y pedagógica con el estudiante.

Cabe la pregunta: ¿Basta reconocer esta naturaleza particular de las matemáticas para fijar su importancia en la vida humana? Creo que aquí vale la consideración

anterior sobre la actitud facilista frente al uso de las herramientas tecnológicas, que consiste en contentarse con formular preguntas y esperar respuestas. Aunque esta no es una tarea menor, no basta con esforzarnos en reconocer la naturaleza conceptual y cognitiva de estas herramientas, por ejemplo, en materia de algoritmos y modelos matemáticos que constituyen IA. El uso con espíritu crítico de estas herramientas necesariamente implica reflexionar sobre sus factores para una educación con valores en una sociedad del conocimiento para el bien común, el crecimiento económico, el desarrollo sostenible o el cuidado del ambiente, sobre todo, en una época en la que, como nunca antes, nos enfrentamos al riesgo evidente de extinción de la vida humana en el planeta.

- 3.- Por supuesto que no estoy de acuerdo con esta separación. Pero no puedo basar mi opinión en una argumentación seria, así que prefiero limitarme a comentar una experiencia personal. En mis estudios doctorales sobre la introducción de la topología conjuntista a comienzos del siglo xx, me interesé por una serie de circunstancias en las relaciones del escritor Paul Valéry con los matemáticos Hadamard, Borel, Langevin y Picard. También intenté reconstruir, en sus lecturas de Poincaré, la admiración que mantuvo por el más ilustre matemático de la época. Encontré, particularmente en los *Cahiers*, ideas y metáforas muy esclarecedoras sobre las matemáticas y el razonamiento matemático.

Con los años entendí que la perspicacia de estas ideas se explicaba por el papel central que Valéry les asignaba a las matemáticas en su proyecto de fundamentar el mundo de la narración literaria en un “sistema” de relaciones entre lo imaginario y lo real, entre el cuerpo, la mente y el mundo. La manera en la que el escritor representó la problemática de “forma, objeto y estructura” me ha resultado especialmente inspiradora. En algún lugar de los *Cahiers* expresa que las matemáticas no tienen por qué privilegiar el estudio de la cantidad frente a otros objetos. Por el contrario, las matemáticas analizan relaciones entre objetos de naturaleza cualquiera. Estudian las propiedades de la forma y no tal o cual expresión particular suya.

En el siguiente texto de Valéry se manifiesta la aguda observación del escritor sobre la emergencia de la concepción estructuralista que luego llegaría a ser hegemónica en la práctica matemática y que establecería ramificaciones en otros campos intelectuales, tanto científicos como artísticos:

La independencia de las operaciones con respecto a sus contenidos, he ahí el hecho intelectual eminente. Cuando se crean los contenidos a partir de las operaciones mismas, es decir, cuando se designan y se distinguen las operaciones observadas, y se establecen combinaciones entre ellas, entonces se está en (el mundo de) las matemáticas.

- 4.- Actualmente no tengo un proyecto personal de investigación registrado formalmente en ninguna institución. Sin embargo, en mi condición de profesor emérito de la Universidad del Valle (Colombia) me mantengo académicamente activo, orientando seminarios y dirigiendo tesis de posgrado en varios temas: historia y epistemología de las matemáticas, historia y didáctica de las matemáticas, historia socio-cultural de las matemáticas e historia de la educación matemática en Colombia. El eje transversal de estas líneas, que constituye el objeto de trabajo del grupo al cual continuo vinculado en mi universidad, es la investigación sobre las posibles aplicaciones de la historia y la filosofía de la práctica matemática en la formación de profesores.
- 5.- De cierta manera, la pregunta me recuerda la célebre frase de Hilbert al formular los problemas más importantes de la investigación matemática en el Congreso Internacional de Matemáticas de 1900. Hilbert dijo: “Una teoría matemática solo puede considerarse completa cuando es tan clara como para explicarla al primer hombre que se encuentre en la calle”. Luego, precisa que “un problema debe estar bien formulado ya que lo que es claro y fácilmente comprensible nos atrae, lo complicado nos repele”. Se trata aquí de reafirmar dos tipos de exigencias: una de carácter lógico-epistemológico sobre la presentación clara y simple de los problemas, y otra de carácter socio-cultural, relacionada con la amplia divulgación pública del conocimiento matemático. En varias conversaciones personales, Ubiratan D'Ambrosio llamaba la atención sobre esta doble exigencia que el formalismo hilbertiano le formulaba al trabajo matemático de resolución de problemas. Creo que también lo hizo en público, en su conferencia del XIII CIAEM de Recife, en 2011.

Ahora bien, ¿cómo explicar en forma clara y simple al hombre de la calle o a un niño, la importancia de los problemas matemáticos en la vida contemporánea? La sola argumentación discursiva formal o informal no sería suficiente. Aun empleando un lenguaje coloquial apropiado y utilizando recursos metafóricos al alcance del niño, temo que este tipo de explicaciones no dejaría de resultarle abstracta, complicada y repelente, en términos de Hilbert. Pero una aproximación basada en la experiencia podría conducir más directamente al niño a reconocer la presencia concreta de las matemáticas en la constitución de artefactos y objetos empíricos que le son familiares o en fenómenos de la naturaleza. Como mostraron Paul Gerdes y Ubiratan D'Ambrosio, la etnomatemática ofrece numerosas experiencias educativas y comunicativas de este tipo. Gerdes en particular nos dejó importantes reflexiones sobre la apropiación didáctica de los resultados de sus investigaciones sobre los saberes, técnicas y procedimientos etnomatemáticos que conforman la estructura subyacente de artefactos y herramientas utilizados por distintas comunidades africanas y brasileñas.

JOSÉ MARÍA MARBAN (España)

- 1.- La educación matemática afronta, en estos tiempos, retos nuevos, al tiempo que sigue enfrentando retos que la han acompañado durante las últimas décadas y que siguen aún precisando de más y mejores respuestas (por ejemplo, las claves para abordar adecuadamente el sentido socioafectivo en matemáticas en el aula). Si he de centrar mi atención en un único reto actual, mi mirada se dirige hacia la necesidad de generar entornos inclusivos de aprendizaje matemático, mediante la supresión de barreras que incapaciten para un correcto y sólido desarrollo de la competencia matemática de toda la ciudadanía, para evitar añadir otra brecha social a las ya existentes.

En cuanto a la inteligencia artificial, me resulta imposible pensar que algo que lleve en su denominación el término “inteligencia” y que, por tanto, se concibe como una herramienta para generar conocimiento, pueda ser una amenaza. Estamos ante la eterna dicotomía entre el qué y el cómo. No se tratará tanto de lo que la IA pueda hacer, sino de cómo haremos o permitiremos que lo haga y de cómo la usaremos. En el ámbito educativo, creo que es una gran oportunidad para acabar con ciertas inercias ancladas en lo expositivo y lo procedimental, para avanzar hacia una gestión del aula y del aprendizaje más orientada hacia el desarrollo de competencias y habilidades de orden superior y, en particular, del pensamiento crítico, de la toma de decisiones, de la creatividad y de la modelización, entre otras. Así, el foco estará más en hacer buenas preguntas que en buscar respuestas a preguntas que, habitualmente, no ofrecen grandes expectativas.

- 2.- Las matemáticas llevan acompañando al ser humano desde que este puede considerarse tal y lo han hecho porque han sido imprescindibles. En sus inicios, para sobrevivir, pero, a su vez, para evolucionar. Una mirada actual nos permite poner en valor su carácter de ciencia formal, pues se mantiene a salvo de la subjetividad de una sociedad cada vez más líquida en la que distinguir lo que es verdad de lo que no lo es, no resulta tarea fácil. Por otra parte, su enorme versatilidad como ciencia aplicada y su alta capacidad para modelizar el mundo que nos rodea, de lo más grande a lo más chico, de lo más complejo a lo más sencillo, la convierten en la aliada idónea para el resto de las ciencias, sean estas humanas, sociales, experimentales o de la salud, por lo que todo lo que estas aportan a la humanidad se lo deben, en cierta medida, a las matemáticas. Ahora bien, las matemáticas, en su faceta más educativa, son, a su vez, una ciencia social, pues nos ayudan a llamar la atención sobre las desigualdades que generan injusticias, cuantificándolas a ellas y a su impacto, al tiempo que ofrece herramientas para combatirlas, sobre todo procurando capacitar a la ciudadanía para evitar la manipulación a través de una buena gestión de la información.

- 3.- Las matemáticas han sido, son y serán una actividad humana y, por tanto, no veo la lógica de separarlas de las humanidades o, al menos, no en el sentido estricto. Las conexiones de las matemáticas con la filosofía, con la música, con la poesía, con la geografía, etcétera, son tan fuertes como sostenidas en el tiempo. No parece razonable pensar que la mera organización de estudios formales a través de etiquetas que separen las ciencias de las humanidades sea condición suficiente para que dicha separación sea un hecho. Hay incluso estudios que desmontan la teoría de quienes consideran que el mundo está dividido en gente de letras y gente de ciencias. El trabajo multidisciplinar e interdisciplinar es necesario para abordar problemas complejos que afectan a la humanidad, pero esta colaboración será más eficiente si la formación matemática se acompaña de formación humanista y viceversa.
- 4.- Una de mis líneas de trabajo principales es la que se ocupa del dominio afectivo en matemáticas. En este campo, si bien se ha avanzado de forma notable en las últimas décadas, la investigación generada ha prestado poca atención a los fundamentos fisiológicos de las emociones y, en particular, a la ansiedad matemática. Afortunadamente, son varios los artículos que muestran de forma clara cómo los indicadores fisiológicos pueden integrarse en la investigación educativa. Así, algunos resultados documentan los vínculos entre los parámetros cardiovasculares, electrotérmicos y hormonales, con diferentes procesos mentales y conductuales en entornos educativos. En conjunto, demuestran el papel fundamental de los procesos fisiológicos en el compromiso de alumnado y profesorado. Sin embargo, la mayoría de los estudios utilizaron muestras pequeñas y correlacionales, y no todos los resultados fueron coherentes. Por tanto, se requiere entrar en profundidad en las relaciones apuntadas y en la influencia de variables contextuales y diferencias entre niveles educativos. En lo concerniente a la ansiedad matemática, gracias a los avances científicos se pueden encontrar cada vez más estudios que analizan bioseñales asociadas a procesos de aprendizaje y, en particular, de ansiedad, tanto en niños y niñas como en universitarias y universitarios. Si bien sigue siendo un campo abierto llevar este tipo de estudios a condiciones reales alejadas del laboratorio y centradas en el aprendizaje de las matemáticas, preguntas del tipo “¿cómo es la actividad del cerebro cuando se enfrenta al aprendizaje de las matemáticas?” o “¿qué tipo de procesos cerebrales se producen ante diferentes tipologías de tareas?” son importantes y abren un amplio campo de investigación dentro de lo que se ha venido a llamar “*real world neuroscience*”. En particular, en el proyecto en el que participo actualmente nos interesamos por la segunda de ellas, mucho más concreta y precisa, la concerniente a las tareas matemáticas.

- 5.- Si me encontrase con esta situación, eludiría ofrecer una respuesta universal basada en mi propia percepción de la utilidad o relevancia de las matemáticas. En su lugar, le preguntaría por sus sueños, por lo que querría ser de mayor, por sus temores y por lo que le gustaría crear, inventar o diseñar. Es a partir de sus expectativas y de sus miedos que construiría mi respuesta. Vincularía la utilidad e importancia de las matemáticas a su realidad, a su mundo, real o imaginado, indicándole cosas que podría necesitar para conseguir sus sueños o para vencer sus miedos, así como ideas para llevar a cabo sus proyectos apoyándose en las matemáticas, siempre tratando de mantener la ilusión en la conversación que caracteriza tanto la infancia.

EDGAR ALBERTO GUACANEME (Colombia)

De manera concreta y sintética, una primera reflexión me dice que el reto más importante de la educación matemática en estos tiempos, es educar matemáticamente a los profesores, quienes, en lo que queda del siglo XXI, se encargarán de la formación matemática de los niños, jóvenes y adultos.

Sin lugar a dudas, educarse en –y a través de– las matemáticas es uno de los objetivos de la formación de los futuros profesores de matemáticas que cursan un programa de formación profesional inicial (por ejemplo, Licenciatura en Matemáticas) y de los profesores de matemáticas en ejercicio que cursan un programa de formación profesional avanzado (por ejemplo, Especialización, Maestría o Doctorado en Educación Matemática) o un programa de formación continuada. Esta condición se ha expresado de manera general a través de la expresión “los profesores de matemáticas deben saber matemáticas”. Esta aserción, durante décadas, ha constituido una verdad de Perogrullo y, quizá por ello, solo hasta hace muy pocos años su significado ha sido cuestionado.

En efecto, una mirada crítica a la expresión en cuestión permite formular varias preguntas. Una de ellas alude a ¿quiénes son considerados profesores de matemáticas? Esta cuestión inicialmente podría parecer menor o ingenua, pues podría responderse de manera simple como “todos aquellos que, habiéndose graduado de un programa profesional de formación inicial de profesores de matemáticas, se desempeñan como tales en una institución educativa”. Sin embargo, la realidad ofrece evidencias de que existen profesores de matemáticas que no satisfacen tal condición. En las instituciones educativas de todos los niveles educativos, amparados por laxas y hasta contradictorias legislaciones, se encuentran enseñando matemáticas profesionales graduados en otros campos del saber (ingenieros, economistas, contadores, físicos, matemáticos, etcétera) que por avatares del destino no ejercen su profesión y que, en consecuencia, asumen la docencia de las matemáticas como un oficio de subsistencia. Pero también en estas instituciones se ubican profesionales de la educación, graduados de programas

de pregrado (por ejemplo, Licenciatura en educación básica primaria) o de escuelas normales superiores que, sin tener el título de licenciados en matemáticas, ejercen la docencia de las matemáticas (junto con la de otras disciplinas) en el nivel de la educación básica primaria (titánica, compleja y admirable labor). Merecen también una alusión los padres y madres de familia que, en casa y de manera paralela a la institución educativa, asumen el reto de enseñar matemáticas a sus hijos, casi siempre en procura de ayudar a la comprensión de aquello que no han entendido allí; a esta última población aludida, se deben sumar los cientos de *youtubers* que, a través de videos, procuran enseñar matemáticas a cualquiera que quiera verlos.

Por lo reseñado antes, es claro que no solo los licenciados en matemáticas son los profesores de matemáticas que participan de los procesos ligados a la educación matemática de base para los miembros de una sociedad.

Los profesores de matemáticas tienen diversas formaciones y, particularmente, diversa formación matemática como fundamento para el ejercicio docente. Lo común es que todos saben las matemáticas que enseñan –o creen saberlas– y que, con base en ello, asumen el reto de enseñarlas o de procurar que otros las aprendan (acciones estas no necesariamente coincidentes). De manera más precisa, lo común es que saben las matemáticas que aprendieron en sus estudios de educación básica y media (y algunos saben otras matemáticas, que aprendieron después) y parecería que tal saber es conocimiento disciplinar matemático suficiente para enseñarlas. Pero, en efecto, ¿los profesores de matemáticas saben las matemáticas que enseñan?

Esta pregunta, que puede percibirse un tanto ofensiva, tiene una respuesta *de facto* en las primeras experiencias profesionales de la mayoría de los profesores de matemáticas y que se sintetiza en la expresión “comencé a aprender cuando comencé a enseñar”. Con esto no se quiere decir que los profesores, particularmente los nóveles, no sepan nada de lo que enseñan. Por supuesto que los profesores de matemáticas pueden mostrarles a otros, con relativa idoneidad, las técnicas matemáticas que hacen parte de las matemáticas escolares (que incluyen no solo las matemáticas de la educación básica y media, sino también las de la educación superior), pero usualmente no conocen las tecnologías que sustentan tales técnicas, ni las teorías en que se soportan esas tecnologías (para usar la terminología de la teoría antropológica de lo didáctico). Por supuesto que los profesores conocen fragmentos de teorías matemáticas, pero estas normalmente no se articulan con las matemáticas escolares que enseñan o no ofrecen conexiones explícitas con ámbitos extra matemáticos legítimos de aplicación o de surgimiento. Sin duda los profesores son capaces de resolver los ejercicios o problemas que se condensan en las respectivas secciones de los libros de texto, pero no siempre logran discernir las heurísticas matemáticas o las formas de razonamiento matemático que se ponen en juego en las soluciones.

Lo anterior está íntimamente relacionado con la mirada crítica a la expresión “los profesores de matemáticas deben saber matemáticas” y con una pregunta adicional que surge de allí. A saber: ¿qué significa que un profesor sepa matemáticas? Antes se esbozó que, para el caso del profesor, saber matemáticas incluye el conocimiento de las técnicas, las tecnologías y las teorías matemáticas relacionadas directamente con las matemáticas escolares; las conexiones de las matemáticas escolares con los ámbitos de surgimiento y de aplicación; y las heurísticas y formas de razonamiento matemático involucradas en la solución de problemas matemáticos y con las matemáticas. Probablemente este marco de respuestas se amplíe y profundice si se consideran planteamientos sobre lo que son –y han sido– los procesos matemáticos y lo que es –y ha sido– el conocimiento matemático, o si se considera el papel que socialmente se impuso y coetáneamente se impone a los procesos y el conocimiento. Un ejemplo de ello refiere al conocimiento sobre el proceso de comunicación matemática y a su nexa con los procesos semióticos que se incorporan en el trabajo matemático; otro ejemplo alude al conocimiento sobre cómo la actividad matemática exige y promueve marcos axiológicos y de comportamiento social que se vinculan con la configuración de subjetividades e intersubjetividades de quienes hacen matemáticas.

Una tercera pregunta que emerge de la mirada crítica a la aserción “los profesores de matemáticas deben saber matemáticas” es ¿cuáles son las matemáticas que un profesor debería saber? Hace aproximadamente medio siglo se impuso, a modo de paradigma, una respuesta simple: “las matemáticas que el profesor debe saber son las mismas que las que debe saber un matemático (o al menos unas muy cercanas a estas)”. Como consecuencia de esto, muchos estudiaron –y aún estudian– cursos en distintas líneas de formación matemática. Por ejemplo, en un programa de formación profesional inicial de profesores de matemáticas que se desempeñarían en la educación básica secundaria y media, en el segundo lustro de la década del ochenta se contemplaba casi una veintena de cursos de matemáticas; un programa que se ofrece actualmente postula diecinueve cursos de matemáticas y ofrece la posibilidad/exigencia de que se cursen algunos cursos adicionales de matemáticas. Este paradigma ha recibido críticas sobre su pertinencia actual y ha sido objeto de descalificaciones por vetusto o, al menos, anquilosado. Respecto de su pertinencia se ha manifestado que, si bien los profesores de matemáticas deben formarse en matemáticas, estas deben ser las que serán objeto de enseñanza durante su ejercicio profesional. Esta postura precisa que no se trata de que los profesores vuelvan a cursar las matemáticas que estudiaron en la básica secundaria y media, sino que puedan estudiar las matemáticas –y sobre las matemáticas– que las fundamentan (es decir, las matemáticas experimentales, proto-teóricas y teóricas, que sustentan a las matemáticas escolares de esos niveles educativos). Otras posturas plantean incluso que, además de lo anterior, en los programas de formación profesional de profesores de matemáticas se debe incorporar el estudio de las etnomatemáticas

(o conocimientos y prácticas matemáticas presentes en grupos socioculturales no académicos ni escolares).

Ligado a lo anterior, la pregunta en cuestión (¿Cuáles son las matemáticas que un profesor debería saber?) desvela una postura no siempre compartida: la existencia de diferentes matemáticas o de diferentes tipos de matemáticas. Desde una posición extrema se sostiene que lo único que amerita ser considerado como matemáticas (e incluso como Matemática, en singular y con mayúscula inicial) es el conjunto de teorías construidas con la mediación del razonamiento hipotético deductivo y siguiendo una lógica. Desde allí, se asume que el conocimiento matemático es en absoluto verdadero y deducible (a pesar de que la historia de las matemáticas y, especialmente, la historia de la lógica, exhiba un panorama diferente) y que hacer matemáticas es construir tales teorías y resolver problemas matemáticos. En una posición antípoda se encuentran los planteamientos que sostienen que, además de esas matemáticas (dentro de las cuales también se reconocen interesantes variantes), existen –y han existido– otras que pueden o no tener conexión con aquellas. Las matemáticas escolares, las matemáticas que han emergido como herramienta al servicio de otras ciencias o las etnomatemáticas ilustran estas otras matemáticas. Con ellas, la humanidad ha, por ejemplo, apropiado, explicado y manipulado fenómenos naturales y ha resuelto problemas no matemáticos; ellas también han constituido marco de referencia para la construcción de las matemáticas teóricas. Desde ciertas ópticas, el conocimiento de estas otras matemáticas no necesariamente teóricas se subsume en las actividades o prácticas matemáticas que identifican a una cierta sociedad en un momento histórico específico. Para este conocimiento, tales sociedades o culturas establecen unos mecanismos de validación y empleo que no necesariamente se corresponden con el de las matemáticas teóricas.

Es precisamente en el marco de tales posturas, que una tercera pregunta interroga las matemáticas que el profesor de matemáticas debe apropiar como parte de su formación y usar en su ejercicio profesional docente. Así, se llega a identificar que el mayor reto al respecto consiste en identificar la naturaleza de las matemáticas que en los programas de formación profesional (inicial, avanzada o continuada) se deben proponer, o, si se prefiere, establecer los tipos de matemáticas que son pertinentes estudiar en ellos.

SOLEDAD ESTRELLA (Chile)

- 1.- La inteligencia artificial es una herramienta poderosa que ingresa al espacio humano, en especial al educativo. La IA puede ser una amenaza en diversos contextos y perspectivas de análisis, pero para la educación matemática en particular, es un tremendo desafío y oportunidad, que obliga a repensar y anticiparse a los nuevos conocimientos y las habilidades que deben desarrollarse en los aprendices, junto al desafío de una nueva evaluación de tales conocimientos y habilidades.

- 2.- Desde un punto de vista curricular, las matemáticas impactan en el desarrollo de habilidades humanas específicas, como la resolución de problemas, las representaciones, la modelación, la argumentación y comunicación, y las habilidades digitales. Todo ello permite, paralelamente, el desarrollo de habilidades cognitivas para poder llegar a tomar decisiones bien fundamentadas.
- 3.- Mi área de desarrollo es la didáctica de la matemática, también conocida como educación matemática. Por tanto, no veo el problema, sino más bien un fecundo y necesario puente, entre la disciplina (matemática) y la didáctica de esa disciplina (cercana a las humanidades), para que integradamente aporten al desarrollo de los niños y niñas.
- 4.- Actualmente soy la investigadora responsable de un proyecto con financiamiento externo de cuatro años que está finalizando, y que busca precisar una trayectoria de aprendizaje del pensamiento estadístico para desarrollar el razonamiento inferencial informal en estudiantes de kínder y otros grados, que espero contribuya a la incipiente área de la educación estadística temprana en Latinoamérica, tanto en la formación de profesores bajo la metodología *lesson study*, como en el desarrollo cognitivo de los niños y niñas.
- 5.- Si aprendes matemáticas, podrás resolver problemas —cotidianos, de la matemática o de otras disciplinas afines—, tomar mejores decisiones en tu vida y argumentar con fundamentos en situaciones de certeza y también de incertidumbre. Por tanto, podrás mejorar tu calidad de vida personal y profesional y, de seguro, llegarás a impactar positivamente a tu comunidad.

YURIKO YAMAMOTO (Brasil)

- 1.- En los últimos tiempos, percibo como el mayor desafío de la educación matemática llevar la percepción general de la sociedad a reconocer la importancia de las matemáticas en la educación escolar, lo que conduce al desarrollo del pensamiento matemático para sostener un lenguaje de comunicación: del mundo real con el mundo de las representaciones conceptuales; desde el contexto de situaciones problemáticas hacia el lenguaje organizado y sintético de las estrategias de resolución. Y, de esta manera, ser capaz de entender el mundo, interpretar informaciones y datos para tomar decisiones en su vida. El temor de las matemáticas como resultado de la incompreensión de ese papel dentro de la formación ciudadana, tanto de la población ordinaria como de los propios profesores, es un gran reto. El desajuste de las posiciones de la educación matemática con las políticas educativas es un obstáculo muy largo para avanzar en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. En este sentido, la tecnología tiene un papel más allá de servir como facilitador de

la comunicación, sino que también tiene el potencial de ayudar al desarrollo del propio pensamiento. La correcta comprensión, por ejemplo, de la inteligencia artificial, la convierte en una aliada en la educación matemática. Sin embargo, puede convertirse fácilmente en una amenaza para la educación matemática, si su uso en la toma de decisiones diversas no va acompañado de la interpretación de ventajas y limitaciones.

- 2.- Las matemáticas son siempre una actividad esencialmente humana. Su desarrollo histórico conduce a una rama de la ciencia como disciplina que puede interpretarse como una abstracción que involucra, en principio, a la población general. Sin embargo, la forma matemática de comunicarse con los problemas e interpretar los hechos del mundo real es inherente a la comprensión del mundo en el que viven las personas para la toma de decisiones razonadas. Para los matemáticos profesionales, la investigación y la búsqueda de descubrimientos en matemáticas conducen a nuevos conocimientos que los preparan en un lenguaje para enfrentar desafíos aún desconocidos y resolver nuevos problemas, que tendrán posiblemente aplicaciones distintas en el futuro.
- 3.- De las respuestas anteriores, está claro que estoy en desacuerdo. Para mí, las matemáticas son esencialmente actividades humanas, incluso en las tecnologías realizadas por instrumentos y computadoras. Cuando se dice que hay matemáticas en todo nuestro entorno, no las hay para quién no las ve. Son las actividades humanas las que traen las matemáticas en nuestras vidas y en las cosas para descubrir.
- 4.- Mi tema de investigación actual es la educación/formación (especialmente en educación continua) de profesores de matemáticas, en todos los niveles, con metodologías que permitan superar las brechas en contenidos y métodos de enseñanza entre los diferentes niveles de escolaridad. Trabajo con estudio de clases (pesquisa de aula)- *lesson study*, con énfasis en resolución de problemas para el conocimiento del maestro que aprende a enseñar, aprende a aprender y aprende a evaluar. Valoro el trabajo colaborativo, incluso en equipos internacionales, para abordar problemas comunes en relación a mejorar la calidad del aprendizaje de las matemáticas en el mundo actual. Busco difundir la investigación del profesor sobre el material didáctico y su conexión con el conocimiento pedagógico del contenido, el significado del papel de las matemáticas en la educación STEAM, el uso de tecnologías de manera concreta y efectiva en la educación. Dada la realidad de las aulas en los tiempos actuales, espero obtener resultados graduales en la formación docente y grupos de estudio colaborativos de docentes, pero no espero alcanzarlos con impactos cercanos, debido a las diferencias económicas y sociales que afectan a las comunidades en general.

Las políticas sociales y educativas dificultan el avance de los proyectos.

- 5.- Estudiar matemáticas le ayuda a descubrir quién es usted para la toma de decisiones con pensamiento organizado y argumentos. Le ayuda a tener pensamientos críticos para opinar adecuadamente sobre todos los hechos, analizar equívocos y corregir errores. En cuanto eres un niño, aprenderás a comprender un lenguaje que te permite trabajar los problemas que pueden ser modelados con números y figuras, gráficos, programas para que las máquinas y robots hagan el trabajo más complejo. Cuando crezcas, serás un ciudadano responsable y capacitado para resolver problemas allá de las matemáticas, a través del pensamiento lógico y organizado.

SALVADOR LINARES (España)

- 1.- Desarrollar aproximaciones a la enseñanza de las matemáticas que consideren la igualdad y la inclusión social. Instrumentos y medios para conseguir este fin son la tecnología o la inteligencia artificial.
- 2.- El desarrollo de formas de pensar que permitan apoyar el logro de justicia social y sociedades más inclusivas.
- 3.- Si las matemáticas se consideran como formas de pensar, no es posible separarlas de las humanidades. Comprender el mundo y explicar lo que nos rodea para desarrollar acciones que permitan la equidad, forman parte tanto de las humanidades como de las ciencias. Las dicotomías no ayudan, pero sí la complementariedad.
- 4.- La formación de docentes cualificados, no solo desde una perspectiva técnica de conocer y usar recursos tecnológicos, sino formados para generar argumentos y formas de comprender la enseñanza de las matemáticas para apoyar sus decisiones que generen buenas prácticas en cada contexto.
- 5.- Ayudarte a comprender mejor el mundo que te rodea, para que puedas decidir cómo actuar para generar oportunidades de desarrollo y aprendizaje para los demás y para ti mismo.

ANA CLAUDIA VILCHIS (México)

- 1.- Uno de los retos más importantes, enfocados en la enseñanza de la educación matemática, podría ser encontrar docentes con conocimiento y vocación. Estos deberán ser capaces de hacer las matemáticas accesibles para TODOS. Ante las grandes limitaciones y situaciones que vivencia el alumno en los diferentes niveles educativos (como lo es arrastrar un déficit de conocimientos de años escolares previos) y en contextos generalmente multiculturales (y con severas

limitantes), no se desalienten al tratar de motivarlos. Deberán buscar estrategias que les sean funcionales, enfocadas en procesos cognitivos, más que en encontrar rápidamente los resultados o aprender sistemáticamente procedimientos (que son generalmente producto del mecanicismo o de estímulos externos). Además, deben establecer el compromiso con el estudiante, para que realmente pueda “comprender” antes de “operar” o realizar algún “proceso” y, lo más importante, que sea capaz de hacer notar la importancia de su estudio, para la aplicación en su vida cotidiana. Esto, implícitamente, conlleva a un cambio de actitud, que tiende a favorecer el logro de los aprendizajes esperados o las competencias deseadas, donde el alumno pueda figurar como participante activo en la reconstrucción de conceptos matemáticos y tareas o procesos inherentes, y no solo se limite a escuchar y transcribir. Esto depende tanto de las habilidades y capacidades que tenga el usuario, como de la intención de su uso. La respuesta podría ser ambivalente. Poniendo énfasis en la inteligencia artificial, basta decir que esta ha generado una nueva revolución a nivel mundial, al igualar e incluso superar, de manera amplia y vasta, algunas de las capacidades cognitivas propias de la especie humana, debido a su eficiencia en procesos, ahorro de tiempo y esfuerzos en la ejecución de tareas, etcétera. Sin embargo, al tener presente que las matemáticas no solo se enfocan en resultados, sino en aspectos relativos a procesos cognitivos, podría resultar enriquecedor ser una persona lo suficientemente competente, que pueda entender y aprovechar sus bondades para convertirlas en aliadas, en momentos específicos de los procesos de enseñanza y aprendizaje, sin descuidar situaciones inherentes que, de manera implícita, conducen a beneficios colaterales. Tal es el caso del error, por ejemplo, que es considerado por expertos como un elemento muy valioso en el proceso de formación matemática y que es capaz de despertar actitudes y emociones (como la resiliencia, la tolerancia a la frustración, etcétera) de gran impacto en la formación integral del ser humano. Por otra parte, sería una lucha perdida tratar de negar, obstaculizar o prohibir incluso el uso de la IA, pues el contacto con ella es tan cercano y tan frecuente como el uso mismo del celular.

- 2.- Dado que los procesos mentales no son visibles, probablemente solo se pueda presumir su existencia a través de ciertas manifestaciones. Dichas manifestaciones son perceptibles de manera sustancial al ser lógicos; más flexibles en el pensamiento, al razonar ordenadamente, ser organizados, comprender para actuar o incluso para adaptarse. Las matemáticas entrenan la mente para el pensamiento, la crítica y la abstracción, nos vuelven meticulosos y nos enseñan a observar conscientemente, a ser sistemáticos, a poder ubicar espacialmente nuestras realidades. Desarrollan la capacidad de comunicación, análisis y síntesis, amplían el nivel de resiliencia y tolerancia a la frustración, nos hacen

seres perseverantes y sin miedo a equivocarnos, nos ayudan a entender al error no como fracaso, sino como una nueva oportunidad para consolidar conocimientos.

- 3.- Considero que es una perspectiva limitada la forma de pensamiento que sitúa a ambas en oposición. El ser humano es integral y, aunque las áreas del conocimiento estén divididas para facilitar su estudio y responder a los grandes misterios de la humanidad, el cerebro no tiene apartados que pongan a cada conocimiento en una “carpeta” distinta. Evidentemente, la propia naturaleza de las matemáticas y de las humanidades, hace que su enfoque y tratamiento pueda diferenciarse, mas no así dissociarse o disgregarse, pues al final, lo que suma al conocimiento es la comunión de ambas y de muchas otras. Cabe mencionar que actualmente la tendencia para México en el sector educativo, es evitar la segmentación de conocimientos y, más bien, generar una articulación entre contenidos, conceptos, prácticas, procedimientos y hábitos intelectuales, con los que los estudiantes aprenden a mirar críticamente los fenómenos de su realidad. Por tanto, evidentemente estoy en desacuerdo, incluso porque esta oposición hace que muchos alumnos refuercen la idea de la complejidad de las matemáticas respecto de otras áreas, situación que generalmente tiende a impactar de forma negativa para su estudio y comprensión y que, a su vez, limita el disfrute en su ejercicio.
- 4.- He concluido mi participación como coautora de libros de texto de matemáticas del nivel de primaria, para el Ministerio de Educación de Paraguay. Se buscó hacer contenido útil, accesible y atractivo, tanto para los docentes (a través de guías) como para los alumnos (a través de libros de texto). La expectativa fue mejorar el desempeño de los docentes y el rendimiento de los alumnos en el país. Además, participo activamente en la Asociación Mexiquense de Matemática Educativa en Toluca, Estado de México, con la expectativa de socializar las matemáticas a través de eventos, talleres, ferias, congresos, etcétera. Estos son abiertos al público en general, pues su finalidad es desarrollar e implementar herramientas que permitan transformar e interpretar la realidad de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en educación preescolar, primaria, secundaria, media superior y superior, para la resolución de problemas en la vida cotidiana.

Trabajo también en la elaboración de una obra pedagógica, centrada en el desarrollo de una guía docente, que apuesta a la inmersión cultural como estrategia de enseñanza de la segunda lengua (inglés) en el salón de clases. Se trata de un proyecto basado en experiencias reales de inmersión, durante ocho meses en Irlanda. Se busca robustecer el liderazgo en la institución, al apoyar, en mi

labor como directora escolar, tanto a los docentes que imparten inglés, brindando alternativas de enseñanza útiles, como a los alumnos, quienes serían los principales beneficiarios de estas prácticas.

Finalmente, soy codirectora de la sección de “formación inicial de profesores”, para la XVI Conferencia Interamericana de Educación Matemática, cuyo propósito es ser un puente entre los profesionales y los interesados en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en sus diferentes niveles y modalidades, a fin de apoyar el progreso cultural y social.

- 5.- Sería importante saber la edad del niño. Sin embargo, en un intento de contestar, tendría una respuesta como: ¡Claro! Es más fácil si te lo explico con ejemplos:

¿Te gustan los video juegos?

¿Alguna vez has ido a la tienda a comprar algo solo?

¿Sabes el número de casa en la que vives?

¿Alguien ha llegado a tu casa sin esperarlo a la hora de comer y tienen que distribuir la comida, para que les alcance a todos?

Si asistes a la escuela (o en tu casa), ¿has notado cómo es el piso?, ¿qué forma tiene?, ¿es de cemento o de loseta?

¿Has jugado con una moneda sol y águila, o piedra papel o tijeras?

Bueno, en todos esos ejemplos y muchos más, te puedes dar cuenta de lo importante que es estudiar matemáticas. ¿Sobre cuál te gustaría saber? Una vez dada la explicación sobre el punto o puntos que le interesen más, podría decir... ¡entonces, parece que las matemáticas facilitan la vida!, ¿cierto? o ¿tú qué opinas?