

# La educación matemática en el siglo XXI



# La educación matemática en el siglo XXI

Xicoténcatl Martínez Ruiz / Patricia Camarena Gallardo  
COORDINADORES



COLECCIÓN PAIDEIA SIGLO XXI



*La educación matemática en el siglo XXI*

Xicoténcatl Martínez Ruiz y Patricia Camarena Gallardo, coordinadores

Primera edición 2015

D.R. ©2015 Instituto Politécnico Nacional

Av. Luis Enrique Erro s/n

Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”, Zacatenco,

Del. Gustavo A. Madero, C. P. 07738, México, D. F.

Libro formato pdf elaborado por:

Coordinación Editorial de la Secretaría Académica

Secretaría Académica, 1er. Piso,

Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”

Zacatenco, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738

Diseño y formación: Quinta del Agua Ediciones, S.A. de C.V. Cuidado  
de la edición: Héctor Siever

ISBN: 978-607-414-497-0

Impreso en México / Printed in Mexico

# Índice

Una nota de agradecimiento	9
Introducción. Matemática, futuro e imaginación <i>Xicoténcatl Martínez Ruiz</i>	11
BRASIL	
Educación matemática en Brasil: proyectos y propósitos <i>Maria Salett Biembengut</i>	19
CHILE	
Una visión acerca de la educación matemática en Chile: cómo caracterizar su presente, los principales hitos del proceso de llegar allí y cómo pensar el futuro <i>Fidel Oteiza Morra</i>	41
COSTA RICA	
Costa Rica: una reforma radical en la educación matemática <i>Ángel Ruiz</i>	67
ESPAÑA	
La educación matemática en España <i>José Luis Lupiáñez, Luis Rico Romero, Isidoro Segovia y Juan Francisco Ruiz-Hidalgo</i>	99
MÉXICO	
Uso coordinado de tecnologías digitales y competencias esenciales en la educación matemática del siglo XXI <i>Manuel Santos Trigo</i>	133

El aprendizaje de la geometría en el siglo XXI: tres teoremas básicos sobre la línea recta y su demostración <i>Mario García Juárez</i>	155
Educación matemática en México: investigación y práctica docente <i>Patricia Camarena Gallardo</i>	191
2036: una filosofía prospectiva de la educación matemática <i>Xicoténcatl Martínez Ruiz</i>	217
La toma de decisiones durante una clase de matemáticas <i>Miguel Ángel Parra Álvarez</i>	233
PERÚ	
Educación matemática en el Perú: avances y perspectivas <i>Jesús Victoria Flores Salazar y Rosa Cecilia Gaita Iparraguirre</i>	257
PUERTO RICO	
Una aproximación a la matemática educativa en Puerto Rico <i>Orlando Planchart Márquez</i>	279
VENEZUELA	
Perspectivas de la educación matemática en Venezuela para el siglo XXI <i>Yolanda Serres</i>	297
CONCLUSIONES	
La educación matemática en el siglo XXI: conclusiones del presente y futuro <i>Patricia Camarena Gallardo</i>	319
Acerca de los autores	342
Acerca de los profesores entrevistados	349



México





## 2036: una filosofía prospectiva de la educación matemática

Xicoténcatl Martínez Ruiz  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

*Para Olga Xóchitl con profunda admiración y esperanza*

• Cuál es el panorama iberoamericano en educación matemática? ¿Cómo elevar el desempeño en matemáticas? ¿Existe alguna relación entre el desarrollo de la economía de países iberoamericanos y su desempeño en matemáticas? Estas preguntas buscan la reflexión y son un comienzo para el tema de este capítulo, cuyo propósito es ofrecer una serie de reflexiones para una filosofía de la educación matemática. El enfoque que matiza este capítulo es el de una filosofía prospectiva, es decir, una visión para las próximas décadas que permita identificar mediante los mecanismos actuales –como son estudios, evaluaciones, indicadores y estadísticas– la importancia del desempeño en matemática desde su posibilidad prospectiva.

El capítulo se divide en cuatro partes. La primera ofrece algunas razones al título de este apartado, un año en particular funciona como un horizonte de significado para la necesidad de una filosofía prospectiva. En la segunda parte la reflexión gira alrededor de la relación entre la educación matemática y el riesgo tecnológico, es decir, pensar el futuro y la dimensión de los riesgos implícitos del desarrollo tecnológico, sin olvidar el lugar que tiene una educación matemática más crítica en tal escenario. La tercera parte correlaciona diversos estudios con miras a la década de 2030, para mostrar otra reflexión clave hacia una filosofía de la educación matemática, a saber: la relación entre el desempeño matemático de niños y jóvenes y su impacto en el desarrollo económico para ese periodo. La cuarta parte es la posibilidad de una filosofía prospectiva de la educación matemática desde un referente humanístico

y busca recuperar en el siglo XXI aquello que animó la sistematización del pensamiento matemático antiguo.

2036

El año 2036 tiene una doble acepción –significativa tanto para el enfoque de este apartado como de una filosofía prospectiva– y por ello da título a esta sección. Por una parte, la década de 2030 tiene una relevancia estadística para la historia contemporánea, si relacionamos los diversos estudios, informes y proyecciones; por ejemplo el tipo de estudios enfocados a la educación superior para las siguientes décadas, entre ellos *Higher Education to 2030* (OCDE, 2008). En esa década se calcula que las instituciones de educación superior de China y la India se convertirán en el polo que formará profesionistas, ingenieros y científicos. La población del planeta en 2036 se estima que llegará a más de ocho mil millones; la India será el país más poblado, seguido de China y Estados Unidos (US Census Bureau, 2015). El aumento de la población está relacionado con riesgos como crisis de alimentos, pérdida de biodiversidad, biología sintética e inclusive, para los países con elevado desarrollo tecnológico en inteligencia artificial, preocupaciones expresadas en manifiestos interinstitucionales como el *Policy Brief: Unprecedented Technological Risks* (Beckstead *et al.*, 2014: 5-8). En 2036, México será el décimo país más poblado del mundo, con un aproximado de 145 millones de habitantes; hoy ocupa el onceavo lugar (US Census Bureau 2036, 2015), por lo que para entonces presenciaremos el proceso de disolución de lo que hoy llamamos bono demográfico y la pirámide poblacional irá en descenso. Por otra parte, el país que conservará una de las tendencias más altas en natalidad será la India.

Otro caso relevante para este capítulo son los ejemplos de Japón y Corea del Sur. Aunque en 1995 Japón era el octavo país más poblado, con poco más de 125 millones, desde finales del siglo pasado enfrentó claras muestras en el descenso de la natalidad, y para 2036 ese efecto lo llevará al décimo quinto lugar, con una población de 117 millones de personas (US Census Bureau, 2015). Sin embargo, no es una sorpresa para el país asiático porque durante dos décadas ha venido construyendo las condiciones para enfrentar esta disminución de población joven; uno de sus enfoques enfatizó el desarrollo de su sistema educativo y el mejoramiento de innovaciones tecnológicas.

En 2015 Japón tiene los elementos para enfrentar retos del descenso de población joven que ha venido experimentando; el resultado, entre otros, es haberse convertido en uno de los países con más robots en el mundo: algunos cubren labores de cuidado de personas mayores; otros, como veremos adelante, están enfocados a la enseñanza. ¿Qué consecuencias podría tener este tipo de avances en el escenario futuro?

El caso de Corea del Sur también es relevante para esta reflexión, debido a que enfrenta la misma situación de descenso de población joven; su enfoque está en elevar el desempeño en matemáticas, ciencias y habilidades complejas de lectura. En 2015 Corea del Sur ocupa el lugar número 27 en población, 49 millones de habitantes, pero en 2036 se espera que ocupe el lugar 36. La disminución de población y la ausencia de recursos naturales, entre otros, ha llevado a Corea del Sur a pensar en su sistema educativo como la columna vertebral de su desarrollo económico, apostando a la inteligencia y al capital intelectual de sus habitantes. Hanushek y Woessmann (2015) relacionan el crecimiento del PIB con el binomio cobertura-calidad educativa; el aumento de la riqueza en Corea del Sur está íntimamente relacionado con el mejoramiento de su sistema educativo a largo plazo.

Por otra parte, 2036 es el año del centenario del Instituto Politécnico Nacional, y a dos décadas invoco la necesidad de repensar en nuestro contexto el sentido de una educación científica y tecnológica fuertemente impregnada por el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas. En esa necesidad de repensar lo que hoy puede configurar el futuro y los riesgos implícitos hay dos grandes condiciones: la generosidad y el autoexamen. La generosidad se refiere a la visión de trabajar para construir el futuro de una institución o de un país con una prospectiva humanística, es decir, la conciencia de trabajar para los otros seres humanos –que aún no conocemos y quizás nunca conoceremos– requiere el autoexamen, ejercicio filosófico imprescindible. El autoexamen se vuelve el ejercicio que guía la visión al futuro está imbuido de presente y reflexión generosa.

#### LA MATEMÁTICA Y EL RIESGO TECNOLÓGICO: PENSANDO EL FUTURO

Ya en el siglo VII, en el Imperio Sasánida el prototipo del ajedrez –conocido con el término sánscrito *chaturanga*– implicaba un ejercicio estratégico y matemático. De ahí hasta el siglo X, donde ubicamos el *Versus de Scachis*, el

texto europeo más antiguo sobre ajedrez, y si seguimos investigando los cambios en el juego éstos nos llevan al siglo XV, donde generalmente ubicamos el ajedrez moderno. Ya a finales del siglo pasado recordemos que uno de los prodigios fue Boris Kasparov, cuyo genio fue puesto a prueba por *Deep Blue*, la computadora que lo derrotó en 1997 (IBM 100, *Deep Blue*). ¿Cómo vencer a *Deep Blue*? Probablemente hoy diremos que mediante otra supercomputadora. Pero, ¿qué significó para la humanidad el desarrollo de un tipo de inteligencia artificial de este tipo?

Ese no es el único caso. En 2011, una computadora construida por IBM, llamada *Watson*, ganó el juego de *Jeopardy*; la máquina mostró un diseño de inteligencia artificial para manejo de datos y selección de respuestas. Llegamos a este punto con una cuestión simple: ¿serían *Deep Blue* o *Watson* buenos profesores de matemáticas, en el amplio sentido del término? Pensemos hipotéticamente que un equipo interdisciplinario trabajaría en llevar esas dos supercomputadoras a la práctica docente; eso involucraría a un grupo de matemáticos experimentados no sólo en matemática aplicada sino en su didáctica y, al mismo tiempo, especialistas en matemática educativa cuyo conocimiento de diversas investigaciones enfocadas a cómo enseñar permitiría programarlas adecuadamente. Lo anterior puede ser tomado como una hipótesis. Sin embargo, desde 2009 podemos mencionar el ejemplo de *Saya*, una robot cuya función fue ser profesora, diseñada por Hiroshi Kobayashi de la Universidad de Tokio (Crace, 2009). *Saya* enseña matemáticas a jóvenes de 13 años y está programada con seis diferentes tipos de emociones; pero no puede aprender, ella sólo enseña. En 2009 *Saya* era considerada una herramienta programada, diseñada en 2004 como robot recepcionista y reprogramada para ser profesora en 2009. Su éxito con los estudiantes fue el atractivo de ser un robot.

También debe llamarnos la atención la disposición de los estudiantes a quienes atendió *Saya*, es decir, ¿acaso estaban listos para tener un robot como profesora?, ¿qué lo hizo posible?, ¿acaso el lenguaje, el entorno socioeconómico, la exposición cotidiana a la tecnología? O bien, ¿una ausencia de perspectiva crítica ante un evento, pero con una sofisticada capacidad adaptativa a la tecnología? Aquí el lector de un libro como *La educación matemática en el siglo XXI* puede objetar la relevancia de estas preguntas en un escenario donde se debaten reformas educativas enfocadas a la evaluación docente, o la reprobación de alumnos en matemáticas, entre otros. La invitación en este capítulo es que sin dejar de considerar los debates y problemas actuales

también nos ayudaría dimensionarlos en su relación con lo que acontece en el mundo, y en particular con una visión al futuro; pero no como un futuro inasible o irreal sino como algo que estamos construyendo ahora, en cada país, en cada red de investigación o estrategia pedagógica para mejorar el aprendizaje y enseñanza de las matemáticas en nuestro contexto particular.

Desde la aparición de *Saya* en un salón de clases, y su controlador a distancia, hasta 2015 han transcurrido seis años, quizá comparado con la línea de tiempo desde un proto-ajedrez en la India en el siglo VII hasta Kasparov en 1997; seis años son muy pocos, pero en avance tecnológico, en inteligencia artificial y en tecnología de computadoras son bastantes. Por ello, ¿qué podemos esperar en un lapso de una o dos décadas? ¿Cómo será 2036, si los recientes avances y las proyecciones sobre inteligencia artificial fueran exitosos? ¿Acaso tendríamos una versión de *Saya* que no sólo enseñaría mecánicamente sino que aprendería, es decir, un robot con inteligencia –con las reservas que eso significa?

Si consideramos una versión de *Saya* en 2036 enseñando una de las disciplinas que menos subjetividad implica –como son las matemáticas– y si lo relacionamos con lo que Kant expresa en su Introducción a la *Critica de la razón pura* –en el sentido de que las proposiciones matemáticas siempre son *a priori* y nunca empíricas–, la relación es plausible y ello nos arroja a una reflexión profunda sobre el quehacer de una pedagogía de las matemáticas: ¿acaso su carácter *a priori* la hace susceptible de ser programable para un diseño de inteligencia digital, cuyo propósito sea el proceso de enseñanza-aprendizaje? Y si fuera el caso, ¿cómo resignificaría un robot el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas? Las preguntas previas pueden ser catalogadas como futuristas; sin embargo, lo que muestra el avance en inteligencia artificial y tecnología de computadoras en general exige revalorar algo que no es ciencia ficción.

De manera hipotética, consideremos ahora: ¿qué esperar si las proyecciones en inteligencia artificial logran su propósito, o si toda esta inversión en tecnología, biología sintética, robótica, conocimiento del genoma humano, etc., en conjunto tienen éxito con sus proyecciones para las próximas décadas? Es probable que no hayamos dado la importancia necesaria a estas cuestiones, y por ello debemos pensarlas. No estoy afirmando que así será, sólo es una invitación a mirar una serie de evidencias interrelacionadas y con una visión prospectiva; tampoco es una afirmación contra el desarrollo tecnológico; por el contrario, es un llamado a su revalorización y a otra forma de pensar la

innovación tecnológica en un contexto de prospectiva humanística y beneficio social; no de aniquilamiento ni de incremento de la desigualdad económica y social que se agudiza con el tiempo.

Agrego una preocupación más. Si todas esas inversiones y proyecciones logran sus objetivos, sabemos que no pertenecen a todos los países, sólo a unos cuantos, y en ellos sólo a compañías específicas; y de ahí ciertos países tienen sistemas educativos que están formando y formarán los recursos orientados a esas metas. Lo anterior evidencia otra relación: la desigualdad.

El desempeño, la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, desde la formación básica hasta la educación superior, es de suma importancia en este escenario para las próximas décadas. La participación de los países y sus universidades podrían quedar limitadas –aun en la era de la conectividad global y el escenario de movilidad– para las próximas décadas (OCDE, 2008), por su nivel de interrelación y especialización para integrar equipos que desarrollen una inteligencia cercana a la de un ser humano. Y no sólo eso, si consideramos los proyectos internacionales como el mapa del genoma humano o el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN), los investigadores participantes deben poseer las habilidades y el nivel requerido; observemos qué han llevado a sus países, y en concreto a sus universidades: es una interrelación, y muestra del tipo de proyectos de investigación y colaboración en las próximas décadas.

### 2030: EDUCACIÓN MATEMÁTICA Y DESARROLLO ECONÓMICO

Un sistema educativo debe fomentar las habilidades matemáticas que requieren los proyectos internacionales. Su aplicación, desde un contexto laboral y su relación con la innovación y el desarrollo tecnológico, nos dará una idea de cómo impactará en el desempeño de un joven que curse la educación superior, o su nivel de investigación en el posgrado, y sus oportunidades de acceso al mercado laboral.

En otras palabras, la educación matemática, y en particular la investigación enfocada a mejorar su pedagogía, adecuada al tiempo en que vivimos, son herramientas para aproximarnos a los aspectos personales, ocupacionales, sociales y científicos de su vida (Hanushek y Woessmasnn, 2015: 24). El aprendizaje de las matemáticas en jóvenes estudiantes no es meramente un requisito curricular, sino una de las habilidades necesarias para el entendi-

miento y las interacciones cognitivas y laborales de las sociedades contemporáneas, en especial para el escenario de las próximas décadas (Hanushek y Woessmasnn, 2015).

De acuerdo con esta perspectiva, la evaluación entre 14 y 16 años resulta estratégica para un sistema educativo y provee datos clave de cómo los estudiantes responden a situaciones de la vida que involucran aplicaciones prácticas de las matemáticas y su relación con el desarrollo de las habilidades de pensamiento. La idea de alfabetización matemática es definida como la capacidad de un individuo de formular, utilizar e interpretar las matemáticas en una variedad de contextos. Incluye razonar de manera matemática y utilizar conceptos, procedimientos, hechos y herramientas de esa disciplina para describir, explicar y pronosticar fenómenos. (OCDE, 2013: 25.)

La idea general es mostrar las habilidades básicas que serán requeridas para 2030, y su impacto en la economía, como se expone en el estudio *Universal Basic Skills* de Hanushek y Woessmasnn (2015). Ellos lo expresan como una relación indisoluble entre el crecimiento económico y las habilidades que los sistemas educativos deben cultivar ahora, pues repercutirán de manera decisiva en 2030. En pocas palabras, existe una relación indisoluble entre la calidad educativa y la economía de un país (Hanushek y Woessmasnn, 2015); en ese mismo estudio, así como en la presentación escrita por Andreas Schleicher y Qin Tang (2015: 5), se expresa en unas líneas el sentido de esa interrelación:

Lo primero que los resultados muestran es que la calidad de la educación en un país es un poderoso indicador de la riqueza que los países producirán a largo plazo. O, dicho a la inversa, la producción económica que se pierde debido a las políticas y prácticas educativas pobres deja a muchos países en lo que equivale a un estado permanente de la recesión económica –y que puede ser más grande y más profunda que la que resultó de la crisis financiera a comienzos del milenio, de la cual muchos países todavía están luchando por salir.

Schleicher y Tang se refieren al análisis de Hanushek y Woessmasnn (2015) basado en los resultados de diversos datos económicos y de dos pruebas aplicadas a sistemas educativos (TERCE 2013 y PISA 2012 enfocadas a matemáticas) que permitieron realizar estimaciones para 76 países y considerando al grupo de población de 15 años. El cruce de información se enfocó en los datos entre matrícula y habilidades básicas que los estudiantes muestran

en las evaluaciones, a fin de realizar una proyección entre calidad educativa y crecimiento económico para 2030. En ese grupo de habilidades básicas requeridas para ese año, y que repercuten en la mejora económica de un país, están las matemáticas. Como señalan Schleicher y Tang (2015:5): “la educación en un país es un poderoso indicador de la riqueza que los países producirán a largo plazo”.

El desempeño en matemáticas es uno de los componentes esenciales que integra ese indicador de riqueza a mediano y largo plazo en un país como México, ¿por qué? Primeramente, y casi de manera obvia, por su impacto en ciencias, razonamiento y desarrollo tecnológico. Pero hay algo de mayor peso que también es una lección histórica aún más relevante para el futuro: que la riqueza perfilada para las próximas décadas reside en el conocimiento y las habilidades que un país cultive mediante sus sistemas educativos. Es decir, la riqueza natural que un país pueda tener en reserva no es garantía de resultados económicos benéficos, equitativos y sostenibles para la población en general. Ni para reducir la desigualdad económica y social. Schleicher y Tang (2015: 6) entienden estas relaciones como una de las alertas más significativas a considerar en un sistema educativo:

Así que hay un mensaje importante para los países ricos en recursos naturales: la riqueza que se esconde en las habilidades no desarrolladas de su población es mucho mayor que lo que ahora cosechan mediante la extracción de la riqueza de los recursos nacionales. Y hay más: PISA muestra una relación significativamente negativa entre el dinero que los países obtienen de sus recursos naturales y los conocimientos y habilidades de su población escolar. Así que PISA y el petróleo no se mezclan fácilmente. Las excepciones, como Australia, Canadá y Noruega, que son países ricos en recursos naturales y que todavía marcan razonablemente bien en PISA, tienen todas las políticas prudentes establecidas para el ahorro de estas rentas de recursos, y no sólo para consumirlos.

Incluso la riqueza natural no será garantía de equidad económica en las próximas décadas sino un catalizador de la desigualdad, agudizado por la ausencia de un sistema educativo incluyente, que valore el conocimiento y habilidades adecuados para las próximas décadas, como expresan Hanushek y Woessmasnn (2015). Para un país –en el escenario de 2036– no es la riqueza natural por sí misma lo que representa mejores condiciones de vida y equidad



en la distribución de la riqueza, sino el desarrollo de una inteligencia prospectiva y las habilidades latentes en la población de niños y jóvenes que hoy ocupan nuestras aulas. La desigualdad tendría todo para nutrirse si los países ricos en recursos naturales pierden de vista lo que se expresa en el pasaje citado, una riqueza mayor que esos recursos se encuentra en las habilidades no desarrolladas de la población.

Quiero subrayar que en esa riqueza no desarrollada, latente en niños y jóvenes, el aprendizaje y enseñanza de las matemáticas tienen un lugar por demás relevante, debido a su asociación con el desarrollo tecnológico; pero éste no debe entenderse como la construcción de un riesgo a futuro sino más bien relacionarse con lo que Mevarech y Kramarski (2014) llaman *Critical Maths*, o la inversión en una educación matemática para las sociedades de la innovación. Algunos elementos básicos residen en una clara pedagogía metacognitiva, donde la educación matemática actúa como auto indagación y construye un pensamiento comprensivo de causas (Mevarech y Kramarski, 2014: 18); también nutre tanto un pensamiento que asocia experiencias previas como un razonamiento estratégico y reflexivo. Pero la propuesta se distingue por el enfoque en las habilidades socio-emocionales relacionadas con procesos cognitivos: “Current research in neurosciences has shown how cognitive and emotional systems are intertwined in the brain. Thus, improving children’s social-emotional skills can have an impact on their learning” (Mevarech y Kramarski, 2014: 18). Las “habilidades no desarrolladas” significan desigualdad de oportunidades. Esto se traduce en que las posibilidades de empleo son menores para quien no ha tenido acceso a la educación con estándares elevados de calidad, y sabemos que el desempleo acelera la desigualdad.

Con la información disponible, y los recientes debates animados por la obra de Thomas Piketty (2014) podemos dibujar un escenario posible para 2036 donde es inevitable el tema de la distribución de la riqueza, en especial la desigualdad. Una de las rupturas de ese patrón de inequidad reside en una educación que fomenta el desarrollo de la riqueza contenida en la inteligencia humana, y no únicamente pensarse como un país con reservas de hidrocarburos en el territorio; la tecnología de extracción y transformación, como sabemos, se mueve hacia una especialización mayor. El aprendizaje de matemáticas está en la base de esa especialización.

Si vemos el pasado, hay un ejemplo que puede ilustrar estas ideas, me refiero al caso del petróleo en México a mediados de la década de 1970.

Ese es un ejemplo de riqueza natural pero visión limitada al futuro. Está en nuestros libros de historia y nos da una lección para esbozar las próximas décadas. Así, la historia nos enseña sobre el futuro. La bonanza petrolera en México en los años 70 no fue modelo de inversión para reducir la dependencia tecnológica, tampoco se tradujo en una perspectiva de inversión en el desarrollo de una población con la educación y habilidades necesarias para el futuro, sino en el consumo de esa riqueza. El pasado es inamovible, pero lo que países como México deberán enfrentar –no sólo para 2030 sino para 2050 y hacia delante– sería la configuración de que la riqueza natural no asegura un crecimiento económico sostenido ni un mejor nivel de vida, sin el desarrollo de la riqueza latente en las capacidades básicas y de saberes especializados en la población.

La clave de ese desarrollo, la cual torna significativa e igualitaria la riqueza natural, reside en la educación que un país ofrece a sus habitantes; y entre las áreas del conocimiento imprescindibles para ese desarrollo están las matemáticas. Es por ello que el bajo desempeño en matemáticas de algunos sistemas educativos en el mundo, y sus variables regionales, deberán considerar aspectos que permitan redimensionar su aprendizaje y enseñanza en un marco de prospectiva y visión humanística.

#### FILOSOFÍA PROSPECTIVA DE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

La relación entre el desempeño en matemáticas y el desarrollo económico para las próximas décadas permite dar un lugar relevante a la educación matemática en lo que hoy llamamos economías que fomentan la innovación. La innovación en ciencia y tecnología también involucra la dimensión ética y elementos interconectados en el cerebro, como los sistemas cognitivos y emocionales (Mevarech y Kramarski, 2014: 16); aquí busco sugerir la posibilidad de recurrir a una forma crítica de aproximación a la educación matemática. Esta forma se refiere al desarrollo de capacidades de innovación, pensamiento crítico y creativo, comunicación y trabajo en equipo mediante lo que puede considerarse la educación matemática. Es decir, pensemos el puente entre el desempeño en matemáticas de jóvenes entre 14 y 17 años y las habilidades que requerirán en 20 años; por ejemplo, para 2025 habrán concluido la educación terciaria y en 2030 estarán de cara a los retos mencionados en estas páginas.

La atención a diversas problemáticas que presentan tanto la enseñanza como el aprendizaje de la matemática en este momento sugiere abordar otros aspectos, a saber: ¿qué hay en el aprendizaje y la pedagogía de las matemáticas que hemos olvidado o no estamos atendiendo conforme a las necesidades de una población juvenil cuyos hábitos de aprendizaje han cambiado en las últimas dos décadas? Algunos de esos hábitos y sus logros están estrechamente vinculados con la economía de un país; se debe observar el caso de Singapur, tal cual se indica en el estudio de Hanushek y Woessman (2015), y cómo ese país ha mejorado su desempeño en matemáticas mediante un cambio en su pedagogía. Ese ejemplo puede ayudarnos a entender la relevancia en la economía de nuevas formas de enseñanza, debido a su impacto en la innovación y reducción de la dependencia tecnológica de un país:

...the process of economic convergence is accelerated in countries with larger shares of high-performing students. Obvious cases are East Asian countries, such as Chinese Taipei, Singapore and Korea, all of which have particularly large shares of high performers, started from relatively low levels, and have shown outstanding growth. The interaction of the top-performing and basic-literacy shares in growth models appears to produce a complementarity between basic skills and top-level skills. In order to be able to implement the imitation and innovation strategies developed by the most-skilled workers, countries need a workforce with at least basic skills (Hanushek y Woessman, 2015: 77).

¿Qué permite lograr un alto desempeño en matemática? ¿Cómo vincular lo cognitivo y la dimensión emocional para mejorar el aprendizaje de la matemática? ¿Cómo lograr un mayor desempeño para solucionar, entender o analizar una situación de la vida mediante el conocimiento matemático? Considerar la manera en que un estudiante se apropia del conocimiento matemático requiere de un enfoque particular en el lenguaje y las situaciones cotidianas, laborales y en específico en la solución de problemas; todo esto configura los puentes entre el aprendizaje y la vida. Esto es un cambio radical en las necesidades educativas y lo que hoy da sentido a un sistema educativo, donde el enfoque está en un estudiante que construya con creatividad matemática, como expresan Mevarech y Kramarski (2014: 15).

There is a broad consensus that in innovation-driven societies, teaching basic mathematics skills is necessary but insufficient. Schools have to guide students in solving complex, unfamiliar and non-routine (CUN) tasks, and foster greater mathematical creativity and better mathematics communication [...] Education researchers have examined how such tasks are executed. A wealth of research has indicated that metacognition –thinking about and regulating thinking– is the “engine” that starts, regulates and evaluates the cognitive processes.

Este enfoque envuelve contextos cotidianos interconectados y la solución de problemas; asimismo, indica la activación de habilidades para interpretar una situación y ofrecer una respuesta a un determinado problema, los casos que documentan:

On the basis of these findings, various models have been developed to help students regulate their behaviour during the learning of mathematics. Among them are those developed by Polya, Schoenfeld, and Verschaffel, Improve, developed by Mevarech and Kramarski, and the Singapore Mathematics Curriculum. All these models provide techniques for training students to use some form or another of self-directed metacognitive questioning in maths problem solving. These models work best in a co-operative learning environment where students study in small groups, articulate their mathematical reasoning and describe their heuristics. In all of them, the teacher plays an important role in explicitly modelling the use of metacognition (Mevarech y Kramarski, 2014: 15).

Aunque está a la vista, es difícil expresar un enfoque así en unas cuantas líneas; sin embargo, una de las claves está en considerar cómo si la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas ocurre de manera fragmentada del mundo, como un conocimiento no relacionado como base de otras disciplinas desarticuladas entre sí, también es común ahí un alejamiento de los aspectos vitales.

Si analizamos los resultados de PISA 2012, los reactivos en matemáticas fueron reformulados y construidos con situaciones cercanas al estudiante (OCDE, *PISA 2012 Results: Excellence Through Equity*, 2013), aunque se utilizaron las mismas escalas de desempeño que en 2003. PISA 2012 tuvo un enfoque en tener datos sobre la igualdad de oportunidades, lo cual se contrasta con una preocupación tradicional en la calidad. Es ahí donde la desigualdad

entre países se agudiza y han enfocado esfuerzos no sólo al acceso sino a la calidad, como es el caso de Singapur, Taipéi-China, Finlandia y Corea del Sur, y formular la siguiente pregunta: ¿cómo logramos hacer significativos los contenidos matemáticos para jóvenes?

Es ahí donde puede ser relevante indagar ¿qué hay en el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas que hemos dejado de considerar? ¿Cómo se entrelazan el entendimiento de la realidad y el desarrollo del pensamiento con el conocimiento matemático? Cuando miramos el futuro de los estudiantes en un ambiente donde la información y el desarrollo tecnológico y su tratamiento tendrían que ir más allá de la acumulación y el uso mecánico, ahí tiene sentido la dimensión humanística y creativa del aprendizaje de las matemáticas, algo que subrayan Winner, Goldstein y Vincent-Lancrin (2014: 101):

Con frecuencia se ha afirmado que la enseñanza musical mejora las habilidades matemáticas (James, 1993; Krumhansi, 2000; Nisbet, 1991; Shuter, 1968). Las discusiones acerca de las propiedades matemáticas de la música datan de la época de los descubrimientos de Pitágoras sobre los índices armónicos y continúan hasta nuestros días. Igor Stravinsky (1971) estableció que la música es “algo así como el pensamiento matemático y las relaciones matemáticas”.

Esa relación entre el aprendizaje de las matemáticas y el cultivo de capacidades críticas que nos definen como seres humanos está presente en las diferentes culturas que valoraron el pensamiento matemático y lo hicieron parte integral de la vida, de la explicación del universo; y en algunos casos, como lo fue la *thyasa* pitagórica, esa valoración desarrolló una forma de vida que buscaba la integración del ser humano con su entorno por medio de la razón numérica (Aristóteles, *Metafísica*, Libro Alfa).

Esto lo vemos en la matemática de la India, que pudo concebir algo como el cero y cuyos antecedentes están en la noción de vacío (*śûnya*). Por ejemplo, el matemático Brahmagupta logró simbolizar esas nociones en el cero alrededor del siglo VII. En el caso del desarrollo de las matemáticas en la India, las diversas fórmulas se incorporaron mediante expresiones poéticas en sánscrito, cuya recitación generaba un estado de atención continua, similar a las habilidades cultivadas en la escuela de Pitágoras con los *acusmáticos* (Kirk y Raven, 1957), algo que ha sido expresado con otras palabras recientemente por Winner, Goldstein y Vincent-Lancrin (2014: 101):

¿Existe realmente una asociación entre la educación musical y el desempeño matemático? Y, en caso afirmativo, ¿existe alguna evidencia de un efecto causal de la educación musical en el desempeño matemático? [...] Vaughn (2000) meta-analizó 20 estudios de correlación para evaluar si los alumnos con formación musical superaban en matemáticas a los alumnos que no la tenían (listados en el cuadro 3.12).

Si bien hay una asociación entre habilidades que se desarrollan en la educación musical y tienen relación con las habilidades matemáticas, falta investigación para ubicar conexiones causales. Winner, Goldstein y Lancrin (2014: 104-105) detallan estudios de correlación donde niños que han tomado clases de música tienen mejor desempeño en matemáticas; aunque falta más investigación para tener conclusiones. Otro ejemplo relevante está en el análisis de Lee y Kim (2006), donde se ubican actividades musicales que integran matemáticas y su efecto en conceptos matemáticos de niños. Podemos seguir aludiendo a esas correlaciones entre aspectos humanístico-artísticos y el desarrollo de habilidades matemáticas; sin embargo el propósito es una sugerencia básica: lo que hemos olvidado está en el corazón mismo del aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas como ejercicio de vida y entendimiento de la realidad, tal cual fue activamente practicado por Pitágoras de Samos (570-495 a.C.) (Eggers y Julia, 1998). La forma de vida pitagórica fue más allá de la obiedad numérica o la memorización mecánica.

#### A MODO DE CONCLUSIÓN

Nuestro tiempo vive la especialización del conocimiento científico, algo configurado desde Platón y claramente intencionado en la filosofía aristotélica; entre sus efectos está la fragmentación del conocimiento de la realidad. La especialización, que fragmenta sin retornar a una visión interrelacionada de la realidad, condiciona de diversas maneras el modo en que entendemos la formación en matemáticas en los diferentes niveles educativos. ¿Acaso no habría un cambio si logramos desarrollar en niños y jóvenes una construcción integral del mundo mediante el pensamiento matemático?

Tanto el desarrollo tecnológico como sus riesgos representan la necesidad de mayor adaptabilidad y también de más oportunidades para un científico, matemático o tecnólogo, con una visión más humana y de los riesgos que

estamos creando, como ha dicho Martin Rees (2014): “Many are concerned that it is ‘running away’ so fast that neither politicians nor the lay public can assimilate or cope with it”. Una filosofía prospectiva de la educación matemática tendrá que considerar la complejidad de las preocupaciones que hoy tenemos, entre ellas el riesgo del desarrollo tecnológico, y su proyección al futuro. Una filosofía así busca recuperar las preguntas más básicas que originaron el conocimiento sistemático de las matemáticas, algunas insertas en el mundo griego antiguo; esa recuperación puede centrar su vigencia para nuestro siglo en la trascendencia de un conocimiento fragmentario con miras a lograr una comprensión íntegra de la realidad.

## REFERENCIAS

- Aristóteles (1994). *Metafísica*. Madrid: Gredos (Biblioteca Clásica Gredos).
- Beckstead, N., Bostrom, N. *et al.* (2014). Policy Brief: Unprecedented Technological Risks. Disponible en: <http://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Unprecedented-Technological-Risks.pdf>
- Crace, J. 2009. Who Needs Teachers when You Could Have Bankers? Or Better Still, Robots?, *The Guardian*, viernes 13 de marzo. Disponible en: <http://www.theguardian.com/education/mortarboard/2009/mar/13/robot-teacher-tokyo>
- Eggers, C. y Juliá, V. (1998). *Los filósofos presocráticos* (vol. I). Madrid: Gredos (Biblioteca Clásica Gredos).
- Hanushek, E. y Woessmann, L. (2015). *Universal Basic Skills: What Countries Stand to Gain*, París: OCDE. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264234833-en>
- IBM 100. Icons of Progress. *Deep Blue*. Disponible en: <http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/>
- Kant, E. (1979). *Crítica de la razón pura*, Buenos Aires: Losada.
- Kirk, G.S. y Raven, J.E. (1957). *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lee, Y. y Kim, S.J. (2006). The Effects of Integrated Activity with Music and Mathematics on Musical Ability and the Mathematical Concepts of Preschoolers. *The Journal of Korea Open Association for Early Childhood Education*, 11(2): 305-329.
- Mevarech, Z. y Kramarski, B. (2014), *Critical Maths for Innovative Societies: The Role of Metacognitive Pedagogies*, París: OCDE. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264223561-en>

- OCDE (2008). *Higher Education to 2030, Volume 1, Demography*. París: OCDE. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264040663-en>
- OCDE (2013). *PISA 2012 Results: Excellence through Equity: Giving Every Student the Chance to Succeed (Volume II)*, París: OCDE.
- OCDE (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, París, OCDE. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- Rees, M. (2014). The World in 2050 and Beyond, *The New Statesman*, 26 de noviembre. Disponible en: <http://www.newstatesman.com/sci-tech/2014/11/martin-rees-world-2050-and-beyond>
- Piketty, T. (2014). *El capital en el siglo XXI*, México: FCE.
- United States Census Bureau (2015). The Country Ranking. Disponible en: <http://www.census.gov/popclock/>
- Winner, E., Goldstein, T. y Vincent-Lancrin, S. (2014). *¿El arte por el arte?: La influencia de la educación artística*, México: OCDE/IPN. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264224902-es>