



SOBRE LA NUEVA REFORMA DE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA: INVITACIÓN A UN DEBATE, 3

*ON THE NEW REFORM OF MATHEMATICS EDUCATION:
INVITATION TO DEBATE, 3*

Arturo Mena Lorca
arturo.mena@pucv.cl
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso,
Valparaíso, Chile

RESUMEN

Chile ha avanzado en los diversos aspectos que atañen a la educación de su población, pero hay algunos indicadores de resultados preocupantes. Examinamos aquí nuestra educación matemática en relación con la reforma que experimenta la educación a lo largo del mundo, reforma que, si bien no se anuncia como tal, es fácilmente constatable, y tiene raíces y consecuencias a la vez profundas y determinantes. En Mena-Lorca (2022a, 2022b) hemos reseñado, a muy grandes rasgos, algunos aspectos del pasado y del presente de la educación de la matemática en nuestro país, y destacado la dificultad de alcanzar acuerdos indispensables debido a criterios que se construyen sin considerar en forma suficiente fenómenos de la mayor relevancia. Procuraremos ahora agregar la perspectiva que se obtiene de mirar al futuro: por una parte, lo que ya está comenzando a demandar la enseñanza de diversos aspectos del currículo escolar de matemáticas respondiendo a requerimientos sociales ineludibles, y, por otra, un marco explicativo general de largo aliento. Este último tendría la facultad de desvirtuar algunos nudos que nos mantienen constreñidos, según hemos señalado en Mena-Lorca (2022a, 2022b); sin embargo, se requiere de una acción concertada, proveniente de acuerdos alcanzados tras un debate nacional amplio y explícito.

PALABRAS CLAVE:

Tecnología digital, Pensamiento matemático, Sociedad 5.0, Eras antropológicas.

ABSTRACT

Chile has made progress in the various aspects that concern the education of its population, although there are some worrying indicators of results. Here, we examine our mathematics education concerning the reform that education is undergoing throughout the world. This reform, not announced as such but easily observable, has profound and determining roots and consequences. In Mena-Lorca (2022a, 2022b), we have outlined, in broad terms, some aspects of the past and present of mathematics education in our country. Also, we highlighted the difficulty of reaching essential agreements due to criteria that are constructed without sufficiently considering phenomena of the most significant relevance. Here, we will try to add a perspective obtained by looking to the future: On the one hand, what the teaching of various aspects of the school curriculum of mathematics demands in response to unavoidable social requirements, and, on the other, a long-term general explanatory framework. The latter would have the virtue of untying some knots that have us somewhat trapped, as shown in Mena-Lorca (2022a, 2022b); nevertheless, concerted action, coming from agreements reached after a broad and explicit national debate, is required.

KEYWORDS:

Digital technology, Mathematical thinking, Society 5.0, Anthropological eras.

1. Introducción

En las entregas anteriores de este escrito (Mena-Lorca, 2022a, 2022b), hemos reseñado elementos del pasado y del presente de nuestra realidad educacional, especialmente en matemáticas, como punto de partida para invitar a un debate suficientemente amplio y conocedor que nos permita enfrentar de mejor manera el complejo escenario que tenemos ante nosotros.

Tal invitación podría parecer extemporánea, toda vez que –como parte de un esfuerzo amplio y sostenido que ha promovido y realizado el Ministerio de Educación de Chile, MINEDUC, durante el siglo– recientemente ha culminado la comprensiva modificación curricular que tomó una decena de años. Sin embargo, creemos que es precisamente ese proceso llevado a cabo, unido al desarrollo académico que ha experimentado el país en educación matemática –manifiesto, por ejemplo, en el aumento de los postgrados en la especialidad bien establecidos, y del número de investigadores reconocidos, publicaciones y proyectos, y otros–, lo que nos permite encarar la problemática señalada¹, que no solo refiere al currículo, sino más bien a un ámbito mayor, que incluye la manera diferente en que podemos concebir la enseñanza y el aprendizaje de la matemática.

En esta parte del escrito, procuraremos mirar hacia el futuro, ampliando progresivamente nuestra perspectiva, para así vislumbrar en qué dirección se moverá el vector educacional en matemática, es decir, conjeturar hacia dónde deberíamos dirigir nuestros esfuerzos. Nuestra intención aquí no es, ni podría ser, dilucidar la compleja situación aludida, sino solo reunir algunos elementos de interés para fomentar la discusión.

2. Los nuevos elementos

2.1 Modelización

La modelización matemática ofrece una oportunidad para aprender matemáticas de la misma forma en que, en términos generales, se elabora la matemática; sin embargo, para promover el desarrollo de las competencias que se persigue con aquella, es necesario utilizar datos que los alumnos reconozcan como reales. Agregar STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) los anima a comprender la naturaleza interdisciplinaria de las

matemáticas. La modelización permite el trabajo incluso de estudiantes que no dominan las habilidades operativas, a menudo rezagados en las aulas. Además, modifica la costumbre de trabajar sobre problemas ficticios y ofrece la oportunidad de lograr soluciones reales (Borromeo Ferri et al., 2021).

Por otra parte, consideramos, como muchos, muy relevante el rol de la graficación en este ambiente. El tema es de suyo interesante, pues pone de relieve una tensión explícita con la forma de hacer matemática sin representaciones, que pareció sugerir el proceso de aritmetización del análisis del s. XIX (Dhombres, 1978, e. g.), y que se opondría a la necesidad de usarlas en la enseñanza y aprendizaje de la matemática debido a que sus objetos no son directamente accesibles a los sentidos (Duval, 1995). Se puede mostrar, sin embargo, cómo algunos resultados fueron obstruidos por la falta de representaciones, y otros, obviamente, favorecidos por ellas (Mena-Lorca et al., 2022).

En nuestra experiencia, una buena estrategia, al menos para el nivel universitario, es integrar tablets y teléfonos inteligentes, una plataforma de libre disposición que utilice un software de geometría dinámica y un sistema de cálculo simbólico, más aplicaciones gráficas de propia creación, manipulables vía variación de parámetros mediante sliders. Mientras trabaja, el estudiante tiene varias ventanas abiertas simultáneamente, y encomienda los cálculos gráficos, aritméticos y algebraicos a los softwares (Mena-Lorca et al., 2022).

2.2 Tecnología digital

2.2.1 Dificultad y esperanza

Es bien sabido que la destreza en cómputos matemáticos no parece hoy tan relevante para el ciudadano común, y que, en la práctica no educativa, en general se prefieran los cálculos hechos por máquinas electrónicas, más seguras y confiables.

Ahora bien, dado que, en almacenes, tiendas y otros lugares que atienden público, ya los dependientes no hacen cómputos –salvo, eventualmente, contar– el consabido argumento de que hay que aprender matemática para desempeñarse, por ejemplo, en los negocios, si sigue siendo cierto, no lo es precisamente por la destreza operatoria. Por otra parte, si no se dispone de un instrumento de cálculo, en un radio de unos pocos metros hay alguien que lo tiene, y

¹ Seguramente, se echará de ver la ausencia de otros actores en el pequeño listado; pero es precisamente la falta de integración entre las personas e instituciones concernidas uno de los temas centrales del escrito.

tal situación parece ya asimilada a la análoga (!) de no disponer de papel y lápiz y pedirlo prestado a quienquiera. Más aún, hay ya en la vida diaria muchos cómputos que no se pueden hacer sin auxiliares electrónicos.

El asunto no es trivial, y no se debe suponer que la tecnología resuelva todo problema de aprendizaje, pero, en cualquier caso, ella tiene a su haber la posibilidad de ofrecer –particularmente, a estudiantes socioeconómicamente más desprotegidos– oportunidades de enfrentar problemas matemáticos sin quedar atrapados en sus carencias operatorias. Un problema substantivo, que es necesario considerar.

2.2.2 Nuevas posibilidades

Como sabemos, el computador permite calcular, visualizar, conjeturar y experimentar con mayor facilidad. Sin embargo, para un profesor, puede ser preocupante apartarse del cultivo de destrezas operatorias, y, de hacerlo, debe tomar algunos resguardos: alguna familiaridad con los recursos algebraicos es indispensable, entre otras razones, porque un lenguaje no se aprende sin, en alguna medida, hablarlo; además, como sabemos, algún manejo del lenguaje comporta conocimiento de categorías conceptuales. Naturalmente, un énfasis desmedido en las destrezas operatorias tiende a oscurecer el verdadero propósito del aprendizaje de matemáticas para un individuo común, y suele ir en desmedro de las habilidades centrales que se deben desarrollar. Por lo demás, el argumento de que, sin las destrezas operatorias hasta ahora habituales, el estudiante no sabría por qué las cosas funcionan, si se examina con claridad, no refiere a una circunstancia nueva, sino a lo que ha venido ocurriendo desde hace tiempo.

2.2.3 Comprensión y destrezas

La respuesta a esa suerte de dilema no parece única ni uniforme.

Tomemos, por ejemplo, el conocimiento del sistema decimal. Aprenderlo para descubrir/inventar/nombrar números es un conocimiento fundamental. Seguramente, también lo es aprender a utilizarlo para la adición. Comprender su uso para la substracción parece más problemático (desde ya con aquello de “pedir prestado” que suele utilizarse). En el caso de la multiplicación, un examen de campo muestra que no todos quienes conocen el procedimiento pueden explicar su fundamento, a pesar de su sencillez. Aun entre quienes tienen éxito con la multiplicación,

encontrar alguien que pueda explicitar con claridad el porqué del algoritmo de la división, es dudoso. Los afortunados indagadores que reciban explicaciones satisfactorias a la última pregunta muy posiblemente tendrán menos éxito en ubicar a alguien que pueda explicarles claramente el fundamento de la extracción manual de raíces cuadradas de números naturales. Llegados aquí, parece probable que nos digamos que el último caso no es, realmente, necesario, pero es ese precisamente el punto: de esa serie de preguntas, ¿hasta cuál es necesario saber responder? (Ver también Ball y Bass, 2003).

Parecería natural convenir en que las destrezas operatorias, per se, no ayudan a los estudiantes a resolver problemas ni a modelar fenómenos, y que, por otra parte, para los niños más desfavorecidos socioeconómicamente, poner el foco en esas destrezas no solo los discrimina en las calificaciones, sino que además los priva de pensar problemas interesantes, que les permitan desarrollar habilidades que necesitan. Como sea, los computadores actuales ofrecen posibilidades de estudiar fenómenos antes inaccesibles para la mayoría, lo cual facilita que el aprendizaje de la matemática sea, en mayor medida, una herramienta para la exploración y para conocer el mundo.

El tema es delicado y hay que proceder con prudencia, claro está. En todo caso, seguramente convendremos en que ya pasó la época de exámenes o pruebas abundantes en ejercicios de recargada e inútil complejidad, pues las virtudes que ello supuestamente podría deparar son reemplazadas con éxito por otras, en general, más pertinentes para un individuo común. La demanda cognitiva ahora es diferente, y cuanto antes lo incorporemos, siquiera provisionalmente, en nuestras consideraciones, tanto mejor.

El retraso de nuestro sistema. El sistema escolar chileno acusa un retraso en varias direcciones. Una de ellas, nos señala Oteiza en 2015, consiste en que, tras un empeño de todo el siglo de reforma sostenida, con un gran despliegue de pensamiento, recursos y acciones emprendidas, hay aún una brecha notoria entre los resultados obtenidos por los establecimientos públicos y los logrados por instituciones privadas.

Parte importante de nuestras dificultades (ahora, posiblemente, es más fácil consensuarlo), consiste en que, a pesar de los esfuerzos realizados, no todos los estudiantes tienen acceso a las redes de comunicación. Hay que cuidar, además, que las intenciones de paliar el atraso correspondiente en las prácticas de aula no se reduzcan a aperturas pequeñas, tímidas e

insuficientes, que terminen haciendo “lo mismo de antes”, pero con pequeñas variaciones².

Aquel retraso resulta hoy especialmente doloroso, pues, antes de la pandemia, ya era claro que debíamos haber acelerado en la dirección que nos ofrecían los nuevos escenarios. En adición a los empeños realizados para dotar a los niños de computadoras, faltaba resolver el tema de la conectividad.

Un poderoso cambio cultural. Es obvio que la tecnología ha influido en la cultura y la civilización. El ámbito de la educación no parece ser uno de los que más rápidamente sintoniza con ese cambio.

Un aspecto especialmente significativo es el énfasis que se sigue haciendo en retener información en la memoria, o, más en general, la decisión de qué y cuánto debe ir allí, asunto que requiere de algún criterio difícil de convenir.

Por otra parte, las tecnologías permiten, en educación, transitar desde una cultura de, digamos, almacén o emporio, a una de supermercado: en este último, no hay que esperar a que el dependiente lo detecte a uno como comprador y graciosamente lo atienda; los bienes están al alcance de la mano –o de un clic–; el usuario elige libremente, y encuentra aun cosas que no había pensado en buscar. Similarmente, en cuanto al acceso a la información, en principio, el aprendiz no depende tanto de la voluntad de otro.

Parece ocioso hablar de que teléfonos celulares y computadoras están presentes en muchos aspectos de la vida: no solo están disponibles para que les preguntemos, sino que a menudo se nos adelantan con sugerencias. La discusión sobre su presencia en las aulas parece haber fenecido de causas virales; más aún, si un teléfono móvil puede no solo resolver ecuaciones, integrales, e incluso detallar los respectivos procedimientos, los instrumentos de evaluación no pueden ya seguir ignorándolos. Pensar que en ello hay principalmente una amenaza –y no una tremenda oportunidad (por ejemplo, de abordar problemas reales)– parece difícil de sostener.

Ahora bien, hoy en día hay una red de objetos físicos más numerosos que la población mundial, provistos de sensores integrados, software y otras tecnologías, que se conectan e intercambian datos a través de la red: la “internet de las cosas”, IoT (Internet of Things). Esto incluye objetos domésticos cotidianos (aparatos de cocina, vehículos, monitores de bebés) y herramientas industriales de diseño avanzado. Se la considera una

de las tecnologías más importantes de la actualidad. Está comenzando a hacer posible la comunicación expedita entre personas, procesos y cosas, sin mayor esfuerzo de las primeras; los sistemas digitales pueden registrar, supervisar y ajustar esa interacción. ¿Es posible concebir que los educadores de todo tipo no consideren la relevancia de este fenómeno, que, evidentemente, está haciendo algún efecto en los usos que damos a nuestro aparato cognitivo?

2.2.4 Estadística

Inclusión en el currículo. Hay conciencia cada vez mayor de la presencia del azar en la vida moderna, y de que muchas y muy importantes decisiones políticas, sociales, económicas y científicas se toman sobre la base de datos estadísticos (Gal, 2000). También lo hay de la necesidad, de las disciplinas y de los países, de convertir datos en información, y de cualquier ciudadano de valorar los datos y comprender la información. Ello deriva en que el currículo escolar debe proporcionar experiencia en la práctica de la estadística y oportunidades para evaluar críticamente los datos de diversas fuentes.

En el caso de Chile, al programa regular de estadística descriptiva en las asignaturas de Matemática, se ha añadido recientemente un curso de inferencia estadística, en el plan diferenciado, y los actuales estándares para la formación inicial de profesores incorporan la inferencia estadística informal –que permite hacer inferencias basadas en datos usando un lenguaje con incertidumbre (Estrella et al., 2021)–. Con ello, la actividad escolar avanza hacia la toma de decisiones.

Más precisamente, se procuraría transitar desde la alfabetización estadística (organizar y representar datos, comprender la probabilidad como medida de incertidumbre y hacer inferencia informal) a la del razonamiento estadístico (abordar información estadística y darle sentido con ideas estadísticas, tomar decisiones desde la comprensión de los procesos estadísticos y ser capaz de interpretar los resultados y llegar a hacer generalizaciones sobre el análisis realizado), y de este al pensamiento estadístico (que implica saber cómo y por qué utilizar un método, medida, diseño o modelo estadístico en particular) (Ben-Zvi y Garfield, 2004a, 2004b; Wild y Pfannkuch, 1999).

Uso de tecnología digital. La complejidad cuantitativa del tratamiento de datos ha requerido de software

² Al tenor de las mismas ecuaciones algebraicas de coeficientes enteros, con raíces que se determinan con alguna ayuda electrónica, pero apoyándose en la regla de los signos que usaba Descartes en el s. XVII, e. g.

que facilite la accesibilidad de las concepciones estadísticas, al permitir la transformación de representaciones puramente simbólicas en otras que permiten visualizar, comprender y construir modelos (Moore, 1997), desplazando así la atención hacia el razonamiento estadístico y la capacidad de interpretar, evaluar, y aplicar las nociones estadísticas y explorar los roles de los modelos del azar y la probabilidad (Ben-Zvi, 2001; Garfield y Gal, 1999). Ahora se puede avanzar hacia la planificación y anticipación de resultados antes de ejecutar, lo que cambia, a su vez, los principales problemas, dificultades y tareas de la actividad, y la evaluación de los aprendizajes (Ben-Zvi, 2001).

Big Data. Hoy, se está requiriendo cada vez más de big data, es decir, colecciones de datos de tal magnitud que el software y el hardware común no pueden procesarlos. Ellos van a modificar sustantivamente el problema de la educación estadística (González et al., 2020; Manyika et al., 2011). Se necesita, entonces, incorporar en los currículos ideas centrales de big data para la economía digital, abrir oportunidades de experimentar la “práctica de la estadística” con ellos, determinar los procesos de pensamiento estadísticos necesarios y diseñar actividades *ad hoc* (González et al., 2020).

Hasta ahora, el orden natural de la investigación ha sido plantear preguntas, recopilar datos, analizarlos, tomar decisiones. Pero ya hay ejemplos de que puede ocurrir que el análisis de este tipo de datos sugiera preguntas, modificando así el orden acostumbrado (Estrella y Vidal-Szabó, 2017).

2.2.5 Pensamiento computacional

El avance de las tecnologías digitales llevó, hace un tiempo, a pensar que el currículo debía incorporar en alguna medida la programación de computadores. Parecía natural que se comenzara con ello desde la infancia, pero se entendió la inconveniencia de que niños pequeños tuvieran que trabajar con máquinas electrónicas. Por supuesto, el escenario varió grandemente con la proliferación de maneras y lenguajes para programar computadoras. Con el tiempo, fue claro que lo que se precisaba aprender o desarrollar no era propiamente (o solamente) programación, sino pensamiento computacional, que no necesariamente requiere de estar ante un computador (Tedre y Denning, 2016).

En su influyente artículo de 2006, Jeannette Wing precisa que el pensamiento computacional es

“conceptualizar, no programar (...) una forma en que piensan los humanos, no las computadoras” (p. 35); luego agrega que se refiere a la formulación de un problema y la expresión de sus soluciones de manera tal que una computadora o una persona pueda realizarlo con eficacia (Wing, 2014). Stephen Wolfram (2016) añade que el pensamiento computacional está relacionado con formular las cosas de manera suficientemente clara y sistemática como para decirle a una computadora que lo haga. Para ello, hay que relevar el diseñar, probar y usar modelos computacionales, lo cual no se basa solo en abstracciones sino también en la capacidad humana para capturar patrones y la dinámica de las acciones en desarrollo (Tedre y Denning, 2016). Según Araya et al. (2020), todo esto conducirá a una columna vertebral más rica y profunda para sustentar el razonamiento.

Por otra parte, el pensamiento computacional también es un requisito para un sector del empleo que crece con rapidez. Es necesario preguntarse, entonces, si todos pueden desarrollar el pensamiento computacional (Morris, 2013), lo que puede parecer imposible. Sin embargo, Wing (2006) ya hablaba del pensamiento computacional como una habilidad que todo ser humano debe poseer, tal como leer, escribir o realizar cálculos aritméticos.

Adicionalmente, el aprendizaje automático está creciendo muy rápido, está transformando un número creciente de industrias, y tendrá un gran impacto en la naturaleza de los trabajos y en el empleo. Ello devendrá en que, en el futuro, ya no se programarán las computadoras, sino que se las entrenará (cf. Villani et al., 2018).

3. Una perspectiva más amplia

Procuraremos ahora de ampliar progresivamente la escala a la cual estamos examinando nuestro tema, en el entendido de que, si bien ello nos apartará, eventualmente, de las materias que acostumbramos a debatir, la perspectiva global que alcancemos nos ayudará a clarificar³ el complejo fenómeno que venimos examinando.

3.1 Organismos internacionales

Respecto de nuestro tema, parece natural reparar en consideraciones de organismos internacionales que lo estudian, se ocupan del asunto, y hacen propuestas que inciden en nuestras decisiones curriculares y de práctica de aula.

³ Seguramente, con la mediación de relatos más autorizados.

Incluimos, a continuación, una brevísima y obviamente incompleta reseña, como elemento para vislumbrar hacia dónde parece moverse el vector educacional en matemáticas.

3.1.1 UNESCO: la educación y el mundo laboral

El programa Educación 2030 es una respuesta de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2016) a la creciente desconexión entre la educación y el mundo laboral, y su consecuente traducción en pérdidas de oportunidades para muchos y decepción ante la ineficacia de la educación como vehículo de movilidad social ascendente. A la UNESCO le parece necesario, en el nuevo contexto mundial, reconsiderar tanto el nexo entre educación y desarrollo social como la finalidad de la educación y la organización del aprendizaje, y, además, reforzar el vínculo entre educación y empleo.

La nueva fase de la historia de la humanidad se caracteriza por un creciente y rápido desarrollo de la ciencia y la tecnología, que ofrecen a la vez posibilidades utópicas y distópicas. La finalidad esencial de la educación debería ser posibilitar que ese desarrollo beneficie a las personas con equidad, y de manera emancipadora, justa y sostenible.

3.1.2 OECD: la educación como inversión en el futuro

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2018) considera que las sociedades y economías de hoy enfrentan grandes retos: crisis financiera internacional, cumplimiento de los objetivos de desarrollo, crecimiento sostenible, cambio climático, envejecimiento de las sociedades, economía del conocimiento. Para responder a estos desafíos, la educación es fundamental: es una inversión en el futuro.

Los conocimientos incrementan la riqueza, el bienestar y la salud de las personas, y las sociedades deben proveer a estas de conocimientos, competencias y herramientas que les permitan ser competitivas y comprometidas en la sociedad. Sin embargo, los sistemas educativos no terminan de ofrecer oportunidades equitativas.

El objetivo de la OECD en el ámbito educativo es conseguir que aquella inversión sea relevante, eficaz y justa; para lograrlo, el factor clave lo constituyen las competencias, destrezas y habilidades. Por ello,

coopera en la determinación y desarrollo de las competencias necesarias para mejorar la vida de las personas y sus empleos, generar prosperidad y promover la inclusión social.

Por su parte, según la OCDE, los responsables de la elaboración de políticas deben basarse siempre en la información más completa posible, para entender la forma en que está cambiando la manera de innovar y lo que eso implica para las políticas educativas y de formación.

En su propio programa Education 2030, la OECD (2018) se propone identificar los conocimientos, competencias, actitudes y valores que los alumnos de hoy en día necesitarán adquirir para tener éxito en el futuro.

3.1.3 APEC: inclusividad y empleabilidad

Estrategia general. Desde 2016, el Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico (APEC, por sus siglas en inglés) se propuso, como parte de una estrategia para el crecimiento económico sostenible y el bienestar social de los países y economías que la integran, que estos se constituyan en una comunidad educativa fuerte y cohesiva, caracterizada por una educación inclusiva y de calidad, que mejore las competencias, acelere la innovación y aumente la empleabilidad (APEC, 2016).

La APEC considera que las economías y sociedades que la componen son, en la era digital, cada vez más complejas y multidisciplinarias, y que ello hace cada vez más importante fomentar STEM en todos los niveles, pues es de vital importancia para desarrollar, adoptar y adaptar nuevas tecnologías. No olvida, sin embargo, las dificultades que está experimentando un sector amplio de la población para sumarse a estos cambios (APEC, 2020).

InMside. Desde 2007, un grupo de investigadores de países de la APEC, liderados por Masami Isoda, del *Center for Research on International Cooperation in Educational Development (CRICED)* de la Universidad de Tsukuba, en Japón, ha venido desarrollando una serie de proyectos relacionados con el *Estudio de Clases (Lesson Study, jugyo-kenkyu)* en sucesivas versiones, en cada una de las cuales ha participado una veintena de países, incluyendo Chile (CRICED, 2022). En la versión actual, *InMside*, Chile es también un proponente⁴.

⁴ Roberto Araya, del Centro de Investigación Avanzada en Educación, CIAE, es uno de los tres directores del proyecto.

InMside (APEC, 2018) considera que, actualmente, el conocimiento, los datos y la tecnología desempeñan funciones fundamentales en cualquier aspecto de la vida. Se necesita matemática para el manejo de big data, codificación para la innovación a través de STEM, y toma de decisiones con el apoyo de inteligencia artificial. A su vez, el uso de tecnología en matemáticas provee de herramientas para la exploración matemática, representación y modelización de fenómenos ambientales, naturales y sociales. Ello requerirá de poner al día los planes de estudio de los países participantes.

El proyecto se sitúa en la transición a la Sociedad 5.0⁵, la era de big data para la Economía Digital, inextricablemente unidos como claves y esenciales para esa transición, y propone un marco articulado, del cual solo citamos, a continuación, un par de aspectos de interés para el currículo (Araya et al., 2020): el pensamiento computacional y el pensamiento estadístico.

El Pensamiento Computacional, al cual nos referimos al comienzo de este escrito, es, a juicio de los proponentes, indispensable para desarrollar un capital humano creativo adaptado a los desafíos del siglo XXI (Araya et al., 2020; Kano, 2019). El plan de estudios debe hacerse cargo de que la sociedad necesitará progresivamente analizar mayores volúmenes de datos, lo que lo llevará a considerar, junto con su variedad y velocidad, complejos desafíos del análisis de datos, y, aun, plantear nuevos. Para ello, deberían hoy asentarse en cuatro pilares, tres de los cuales son la programación tradicional, la modelización matemática y el aprendizaje automático, que ya se están utilizando; el cuarto consistiría en la integración de esos tres pilares en un sistema autónomo con dispositivos, como la IoT, lo cual genera sistemas con una iniciativa inédita; es una nueva arquitectura para la programación en Inteligencia Artificial, y requiere nuevos conocimientos y habilidades (Araya et al., 2020; cf. Araya et al., 2021).

Refiriéndose a la Estadística, que reseñamos al comienzo, los proponentes piensan que la alfabetización estadística, inferencial y probabilística, seguirá siendo una competencia importante para el éxito académico, profesional y cotidiano. Sin embargo, se espera que las personas puedan identificar necesidades y desafíos que enfrenta toda la sociedad, y proponer escenarios para resolverlos, haciendo uso de tecnologías digitales y big data. La creciente necesidad de extraer información de big data obliga al currículo a no limitarse a pequeños

conjuntos de datos, sino que incorporar elementos de la “ciencia de datos”, que recurre a estadística, matemática e informática, y requiere de Inteligencia Artificial y aprendizaje automático. Para ello, se necesita una plataforma digital que posibilite el descubrimiento creativo: que los estudiantes puedan buscar conexiones y relaciones significativas entre los datos disponibles (González et al., 2020).

3.2 La sucesión de “Sociedades”

Hemos procurado dar indicios de la dirección en que eventualmente se orientará el currículo de Matemáticas. Sin embargo, nos parece oportuno incluir en esta reseña un fenómeno que está en el origen de lo que venimos describiendo, y que nos ofrece una mejor perspectiva para aquilatar la urgencia, profundidad, inevitabilidad y aceleración de ese fenómeno.

Ya se está hablando del ecosistema 5.0 o Sociedad Súperinteligente (Council for Science, Technology, and Innovation, 2017). Esa Sociedad 5.0 sería la culminación de etapas anteriores del desarrollo humano. La Sociedad 1.0 habría sido una de cazadores-recolectores; 2.0, la Sociedad Agraria; 3.0, la Sociedad Industrial, y 4.0, la actual Sociedad de la Información. No cabe duda de que las políticas educativas deberían ser sensibles a este tipo de fenómenos. Para ello, deben afrontar el problema de manera informada, clara y decidida. Por ejemplo, si asumimos que estamos en tránsito de una a otra de estas sociedades, debemos preguntarnos cómo proceder, porque es evidente que limitarnos a insistir en los usos de la sociedad precedente es necesariamente un retroceso, ya que el escenario se mueve, y las competencias o habilidades de una pueden perder relevancia en la siguiente –y la manera de avanzar no consiste en entrenarse más en lo que fue valioso en la etapa anterior–.

Cada una de esas sociedades es un invento generado por quienes quizás tuvieron una visión más amplia. Cambiar de una a otra tiene una cualidad profundamente democrática: un avance tecnológico inicialmente produce desigualdad, pero, cuando ya es asimilado por la comunidad, esa desigualdad tendería a desaparecer (cf. Turchin, 2016), para dar paso, en principio, a una mejor condición (cf. Goldin y Katz, 2008). Esta dinámica de transición a menudo se repite en una escala temporal menor, lo que se relaciona con el hecho ya mencionado de que el conocimiento de una generación no es suficiente para resolver los problemas que debe enfrentar la próxima.

⁵ Incluiremos alguna referencia, más adelante.

Si la planificación de la educación no considera este tema, difícilmente alcanzará su objetivo. Para decirlo de manera más enfática: ¿Acaso no es el objetivo de toda la educación pasar a una etapa mejor que la actual, personal y colectivamente, y luchar incansablemente para reducir la desigualdad?

3.3 Más allá de la historia

La anterior no es la única perspectiva sobre el tema, naturalmente, pero hay otras que apuntan en la misma dirección.

Los antropólogos han debatido sobre cuáles son las grandes eras o culturas de la humanidad. Un cambio de era conllevaría modificaciones en la adquisición de conocimientos, en el desarrollo del cerebro⁶, en las formas de interacción social, en lo que hoy llamamos, precisamente, cultura (Donald, 1991, 1993). De hecho, esas eras aparecen como respuestas a escenarios cada vez más complejos.

Donald (1991, 2007) ha propuesto distinguir cuatro eras (cf. Shaffer y Kaput, 1988):

La cultura episódica está relacionada con la forma en que el *homo sapiens* habría vivido en su condición de primate. La memoria habría almacenado eventos, pero no los representaba ni procesaba.

La cultura mimética, la del *homo erectus*, ya tiene representación, que comparte alguna cualidad con lo representado –una representación icónica (Peirce, 1998)– consciente, autoiniciada, intencional, y que requiere de procesamiento y comunicación.

La aparición del lenguaje inicia la cultura mítica típica del *homo sapiens*. El lenguaje depende del desarrollo de representación y comunicación simbólicas –el signo ahora puede ser arbitrario (Peirce, 1998)–. Qué son las cosas y qué significan se puede elaborar y conservar con mayor precisión.

La cultura teórica aparece con la escritura. La necesidad de registrar hechos y fenómenos complejos (comercio, astronomía, e. g.) conduce a la creación de símbolos externos, de los cuales los matemáticos fueron los primeros. La memoria se exterioriza: se registra fuera de la mente de las personas. El registro escrito mejora la capacidad de relacionar ideas y apoya

un mejor pensamiento analítico; el desarrollo de la ciencia está indisolublemente ligado a esos registros; la enseñanza, por tanto, enfatiza las habilidades de cómputo. La función principal de la memoria ya no es almacenar información, sino ayudar en procesos mentales complejos; en matemáticas, esto consiste en transformar una representación simbólica en otra.

Como individuos, acostumbramos a pasar de una de estas etapas a otra (Donald, 1991). Además, parece claro que no siempre se entiende que pasar de una era a la siguiente significa en sí mismo utilizar los nuevos recursos que ofrece esta última; por ejemplo, una vez que aparece la escritura, sobrecargar la memoria con datos o información ya es, en cierto modo explicitable, un anacronismo.

3.4 ¿Una nueva era?

3.4.1 Las tecnologías digitales

Es evidente que, en la actualidad, el fuerte desarrollo de las tecnologías de la información se traduce en modificaciones en la adquisición de conocimientos, en las formas de interacción social, en la externalización del conocimiento y los procesos de cálculo, y, de acuerdo con la caracterización de Donald (2007), si hubiera también cambios en el desarrollo cerebral, estaríamos ante un cambio de era.

Al respecto, vale la pena señalar que la Sociedad 5.0 sugerida anteriormente implica que, en ella, la mente tiene al menos la posibilidad de trabajar de manera diferente, o de enfocarse libremente en asuntos a los cuales había dedicado menos atención, dada la posibilidad de gastar considerablemente menos tiempo en rutinas y más en creatividad, e. g. (Cf. Villani et al., 2018).

Como es obvio, esto último está absolutamente fuera del alcance de este autor; sin embargo, de acuerdo con los antecedentes esbozados, parece razonable considerar la hipótesis de que ya deberíamos realizar modificaciones profundas en nuestra forma de hacer las cosas y, en educación, definitivamente más significativas que las que podríamos estar considerando. Al respecto, no debemos olvidar la resistencia que han manifestado muchos actores educativos a utilizar instrumentos electrónicos de cómputo de muchos tipos⁷.

⁶ Siempre que nos sea posible, usaremos “mente” en lugar de “cerebro”, de modo de no excluir alguna de las acepciones de la *cognición situada*.

⁷ Si le parece a usted, intente encontrar testimonios de oposición al uso de calculadoras (en estadística, por ejemplo), computadoras (en cálculo numérico, e. g.), teléfonos celulares (y su capacidad de realizar cómputos y explicitar los procesos).

3.4.2 La matemática

Según los datos que incluimos a continuación, y en relación con las tecnologías digitales, el caso de la matemática muestra un aspecto determinante de lo que está sucediendo, y que no habría recibido suficiente atención. En efecto, al exteriorizar tanto el conocimiento de los hechos como su interpretación, la aparición de la escritura los hizo accesibles a quienes aprendieron a leer –saber escribir permitió además dejar el registro externo de otros hechos y otras interpretaciones: un fenómeno de grandes consecuencias democráticas–. Con las computadoras, los procesos que anteriormente solo podían realizar los cerebros humanos (revisión ortográfica, cálculos aritméticos, cálculos gigantes, cálculo simbólico y similares) se externalizan. Al respecto, nos parece que la descripción de Donald (2007), que caracteriza la cultura teórica por su “almacenamiento masivo de memoria externa” (p. 218), que a su vez “se convierte, con mucho, en el factor más importante de la cognición de un individuo” (p. 212), no considera esa externalización de procesos, que está a la vista y que es, obviamente, más determinante y profunda (cf. Shaffer y Kaput, 1988). De hecho, hoy en día, los dispositivos electrónicos no son solo las calculadoras portátiles; la internet funciona como una gran calculadora con innumerables controles (apps) apoyados por grupos variados (científicos y otros), y son un recurso legítimo, necesario y potenciador de aprendizaje.

Tanto la inteligencia artificial (y, en particular, el aprendizaje automático) como la IoT nos obligan a aceptar que ya es un hecho que no solo los procesos informáticos, sino también el análisis (para la toma de decisiones, por ejemplo), y muchos procesos de naturaleza práctica, no siempre están “en manos” de la mente humana. El software interconectado que gestiona la venta y distribución de muchos productos, los vuelos comerciales en asociación tanto con esa distribución como con los desplazamientos de aviones de pasajeros, y similares, son ejemplos inmediatos de ello.

En términos educativos, esto último debe ser considerado con atención, principalmente para enfrentar la noción eventual de que, en la matemática escolar, a la hora de resolver, por ejemplo, un problema, sea necesario tener una claridad prístina en todos los aspectos de cómputo involucrados en la solución.

Sabemos, por supuesto, que la democracia no cae de los árboles, pero sí podemos considerar que hay elementos que, bien usados, la favorecen. Si bien es una dolorosa realidad que no todos quienes necesitan conexión a internet la poseen, ello no implica que no haya allí una oportunidad.

Las máquinas ejercen –o posibilitan ejercer, si se prefiere– un profundo efecto democratizador⁸ en diversos aspectos de la cultura.

3.5 Democracia y tecnología

Que la democracia, la educación y la tecnología vayan de la mano no es solo un accidente.

Podemos imaginar, en un pasado remoto, que un brujo, según su inteligencia de su poder, su misión y su visión, decidía cuidadosamente a quién comunicar su conocimiento.

La aparición de la escritura, al almacenar aquella información fuera de las mentes, modifica grandemente la relación entre personas; sin embargo, escribas y sacerdotes se guardan de comunicar todo su saber –todo su poder–. La aparición de la imprenta no cambia en forma sustantiva el mecanismo de esa relación, sino que, al proveer de mayor accesibilidad a los registros externos a las mentes, favorece la democracia –si bien limitada por los costos de producción–.

La internet acelera la accesibilidad y, con ello, irrumpe, como los otros casos, en el sistema educacional: ahora cualquier estudiante puede cotejar y eventualmente corregir la información del profesor, y depende menos de este⁹. Pero es otro el fenómeno más determinante: la tecnología digital no solo externaliza los conocimientos, sino también los procedimientos realizados en las mentes. Es obvio que esto último es en extremo determinante en el caso de la educación matemática, y, con entera seguridad, debemos pensar seriamente por qué un sistema educacional que debería disminuir la desigualdad dé, por el contrario, muestras de aumentarla, y ver cómo aprovechar la circunstancia digital para conseguir aquel propósito superior.

⁸ Obviamente, ello sin perjuicio de las dificultades que experimenta la democracia para manifestarse en plenitud.

⁹ Por supuesto, esto no se da igual en matemáticas que en otras disciplinas.

4. Colofón

4.1 El pensamiento matemático

Según lo que venimos discutiendo, coincidimos plenamente con Isoda y Katagiri (2014):

“Cultivar la capacidad de pensar de forma independiente y la capacidad de aprender de forma independiente será el objetivo más importante en esta sociedad basada en el conocimiento, y en el caso de los cursos de matemáticas, el pensamiento matemático será la habilidad básica más necesaria para el pensamiento independiente” (p. 75).

Importa, agregamos, dilucidar hasta qué punto ese objetivo depende de alcanzar completa claridad en cada paso de los cómputos.

Por otra parte, se debe mantener presente que, aun cuando las tareas escolares deben, con frecuencia, poner a la matemática en juego ante situaciones de la realidad cotidiana o de diferentes disciplinas, en muchas ocasiones deben tratar temas puramente matemáticos –si bien, debemos añadir, para el ciudadano común, esto último no necesariamente comporta conocer la matemática al modo de los matemáticos–.

4.2 La pandemia y la escuela

En julio de 2020, refiriéndose a la pandemia global Covid-19, la UNESCO señaló que más de 1.600 millones de estudiantes estuvieron sin clases. En marzo de 2021, agregó: que más de 100 millones de niños no alcanzarán las competencias mínimas de lectura; que en Latinoamérica y el Caribe había 13.3 millones de niños en riesgo de no volver a la escuela; y que un tercio de la población estudiantil mundial no tiene acceso a aprendizaje remoto¹⁰. Añadió que, en el momento crítico en que estamos, en que la humanidad tiene una posibilidad inédita de participar en la creación conjunta de mejores futuros, la educación no está ayudando suficientemente. Tras dos años de reunir información y testimonios, aboga por, justamente, la necesidad de participación de todas las personas concernidas¹¹ en debates públicos sobre la educación, de modo de repensar el aprendizaje, y las relaciones

de los alumnos con los docentes, el conocimiento y el mundo.

Como sea, tras la pandemia, las escuelas no volverán sin más al estado anterior.

Las reuniones remotas están solo comenzando a intervenir la cultura educacional. En particular, las clases por esa vía mostraron dificultades no previstas; sin embargo, se avanzó de manera también inesperada, y debida a la creatividad y resiliencia tanto de profesores como de alumnos (SEAMEO Secretariat, 2022). Las reticencias, válidas o inevitables, seguramente se morigerarán con más información y una mejor evaluación de costos y beneficios –habrá que hilar más finamente, en particular, con relación a aspiraciones que se tiene pero que no terminan de plasmarse como se desea–.

Por sobre otras consideraciones de menor duración, la pandemia ha mostrado que podemos, y tal vez debemos, abrirnos más decididamente a la posibilidad la educación como fenómeno global (SEAMEO Secretariat, 2022). Ello pone, naturalmente, el acento en la defensa de la identidad local –una vez más, hay pros y contras–.

Los modos de aprendizaje están sufriendo transformaciones; de acuerdo con lo ya expuesto, habrá otras, de mayores proporciones. Al respecto, la conectividad no solo es una prioridad en educación: según la UNESCO (2020), forma parte del derecho a la educación.

4.3 Los profesores

El rol del profesor seguirá cambiando: su estudiante tiene acceso a otras fuentes, otros referentes, puede explorar; por otra parte, necesita de guía, incluso en materias extracurriculares, para convertirse en un pensador independiente. Las nuevas demandas sobre el profesor son mayúsculas. Liu (2022), explicando el enfoque de desarrollo profesional docente de Singapur, señala que aquellas demandas comportan transitar: de observadores a formadores del carácter, de consumidores a creadores de conocimiento, de transmisores a facilitadores del conocimiento¹², de constructores a arquitectos de un ambiente de

¹⁰ Estas proyecciones no han sido actualizadas, debido a la dificultad adicional de reunir los datos originada, precisamente, por la propia pandemia.

¹¹ Es decir, en principio, todo el país. De todas maneras, y como suele ocurrir en diferentes foros de relevancia, sería bueno preocuparse de que hubiera un mínimo de inteligencia del tema. (En una discusión pública relacionada con la última propuesta curricular, organizada por la UCE, un representante de un grupo de interés manifestó, también públicamente, que la [tremenda] dificultad producida tenía algo de positivo, pues él se había enterado de que existía la UCE).

¹² “Facilitators of knowledge, not mere transmitters”, en el original (42:15). (Se podría reemplazar un par de vocablos).

aprendizaje, de seguidores a líderes de cambios educacionales.

4.3.1 La formación inicial

De acuerdo con lo expuesto aquí y en Mena-Lorca (2022a, 2022b), la formación inicial de quienes enseñarán Matemáticas, junto con preocuparse de las nuevas demandas y responder a los estándares que el país se ha propuesto, deberá dar elementos para coadyuvar a que sus egresados puedan hacer alguna síntesis de las diversas fuentes que esa formación les ofrece, y considerar otros elementos, de carácter innovador, que el escenario les está demandando.

No todas las instituciones formadoras han atendido el llamado de la OECD (2004) de ocuparse expresamente de ofrecer los elementos que favorezcan la síntesis mencionada en cuanto a la dimensión educacional general y la que corresponde a la disciplina que imparten, si es del caso. Con seguridad, ella no puede conseguirse por completo en las aulas de formación docente, pero el profesor necesita de algo más que el contar con dos vertientes de origen dispar y eventualmente divergentes.

Agregamos aquí un par de consideraciones muy generales, que son producto de nuestra experiencia colectiva y que no pretenden, naturalmente, referirse a clases homogéneas ni disjuntas.

La vertiente matemática. En el caso de la matemática, y a pesar de que investigadores chilenos de esta disciplina se han comprometido con su educación, no se ve, en general, que quienes imparten matemáticas en la formación inicial se interesen en incorporar otras categorías a su hacer, posiblemente porque no las ven relevantes para ese hacer ni como parte de su cometido profesional. Algunas de las razones para ello podrían provenir de no comprender las dificultades que enfrenta el ciudadano común ante conocimientos muy básicos, o de tener una visión restringida del propósito de la matemática en el currículo, o de otras consideraciones de distinto tenor¹³.

Dado lo anterior, creemos que se precisa ofrecer elementos que sean significativos para la práctica de aula de esos docentes. A manera de ilustración, podrían mencionarse: la trascendencia de las representaciones para el aprendizaje (Duval, 1995, ya mencionado), junto con la construcción y los procesos discursivos (Kuzniak y Richard, 2014); el delicado y cuidadoso

proceso de conversión del conocimiento científico matemático en una materia de enseñanza escolar (Chevallard, 1998); la construcción de matemáticas que hacen las comunidades para sus fines (Cantoral, 2013); los diversos grados de internalización por los que pasa un estudiante frente a un conocimiento matemático y la posibilidad de aprender sin haber comprendido bien un requisito (Arnon et al., 2014)¹⁴; etcétera.

Adicionalmente, las categorías generales de Shulman (1986) –conocimiento pedagógico, conocimiento del contenido y conocimiento pedagógico-del-contenido– no solo son muy útiles para adentrarse en el asunto, sino también para estimar de manera clara la relevancia de esos distintos aspectos para las diversas finalidades que tiene la enseñanza. Por lo demás, esas categorías han sido especificadas para el caso de la matemática (Ball et al., 2008) y se han convertido en un modelo detallado y explícito del conocimiento del profesor de matemáticas (Carrillo et al., 2018).

La fuente educacional. A nuestro entender, una persona que se dedica a la educación como área de estudio tiene, por supuesto, pleno derecho a no interesarse por el infinito, y a no ocuparse de la explicitación lógica que su estudio requiere. Más en general, los objetos de estudio de otras disciplinas cuya enseñanza y aprendizaje les incumbe suelen ser, por oposición, directamente accesibles a los sentidos.

De estas dos consideraciones sigue que estrategias útiles en otros dominios pueden no serlo en el caso de la matemática o, dicho de manera más precisa, que podría ocurrir que, por desconocimiento de la matemática, una persona podría no darse cuenta de que un determinado recurso es inapropiado para su enseñanza o aprendizaje.

4.3.2 La formación continua

Cabe también innovar en forma decidida en la estrategia general de desarrollo profesional docente, y construir con mayor decisión a partir del conocimiento que comunidades de profesores pueden compartir y/o generar, en las distintas dimensiones de su desempeño. Esto sería más respetuoso, más realista, y más profesional. Sería también congruente con la insistencia que se hace en que los estudiantes adquieran competencias para el trabajo colaborativo. Adicionalmente, ello es coherente con la recomendación de la UNESCO (2020) de continuar la profesionalización de los docentes como una labor colaborativa en la que se

¹³ No contamos aquí como razón el testimonio siguiente, que recogimos en fecha reciente: “Llevo 30 años enseñando de esta manera. ¿Por qué tendría que cambiar?”.

¹⁴ Nos parece necesario reiterar que no pretendemos aquí presentar alguna novedad a la SOCHIEM.

les reconozca como productores de conocimiento. Por otra parte, es una estrategia más abarcadora de personas. En nuestro caso resultaría, incluso, más eficiente: desde hace años se vienen desarrollando en Chile versiones locales del *Estudio de Clases* de origen japonés (Estrella et al., 2018), metodología que, según una evaluación del impacto de 643 cursos de desarrollo profesional docente norteamericanos (Gersten et al., 2014), la cual se realizó de acuerdo con los exigentes criterios de *What Works Clearinghouse* (<https://ies.ed.gov/ncee/wwc/>), fue uno de los dos programas que resultaron efectivos para profesores de Matemáticas.

4.4 Presencia de la matemática

Para el caso de matemáticas, un gran tema de investigación en aula es, seguramente, el de saber hasta dónde se puede relegar las prácticas rutinarias a los aparatos electrónicos, sin perder la capacidad de analizar y razonar matemáticamente.

El tema general educacional seguramente tiene áreas menos familiares para nuestra comunidad. Sin embargo, cuando estas cuestiones se debatan, es imperativo que participen personas entendidas en la disciplina y en su enseñanza –naturalmente, en cada caso, desde perspectivas eventualmente diversas–. Ello no solo con propósitos de aprendizaje y en resguardo de la integridad de la disciplina, sino también por la claridad que se provee sobre la contribución de la matemática al currículo general.

De esa contribución, se puede señalar: lectura cuidadosa de datos e información, resolución de problemas, modelización, pensamiento estadístico, pensamiento computacional, criterio probabilístico (tan necesario en la pandemia, e. g.); todos ellos son indispensables en el diario vivir y en la evolución de la sociedad, pero, como vimos, no siempre se tienen en cuenta. Temas menos recurrentes, pero claramente vitales, son: el tratamiento elemental de fenómenos complejos tales como terremotos, erupciones volcánicas, incendios de gran magnitud, tsunamis, inundaciones, avalanchas, ante los cuales los niños, por su propio beneficio, deberían plantearse. Un rol adicional juega la finura apropiada de pensamiento que la matemática ofrece, en temas de tal relevancia como distinguir la información verdadera de lo que pretende pasar por tal.

La matemática es una componente esencial en la determinación del vector que debe orientar la educación de nuestro país. También lo es en el

establecimiento de la velocidad que tomen nuestros procesos de mejora.

4.5 Un nuevo esfuerzo

La profunda reforma educacional que venimos sugiriendo tiene, a nuestro parecer, un origen aún más recóndito, y su dirección posterior apenas se vislumbra. Como sea, no debe sorprendernos como la anterior. De hecho, no podría: es absolutamente evidente que el país ha avanzado en política educacional, en diversas áreas de la investigación ad hoc, en las prácticas de aula; sin embargo, no dispone aún de un vector compartido que reúna y oriente los esfuerzos y cuya magnitud sea suficiente para la tarea. Según lo reseñado en esta larga Invitación, tal reforma, si bien afectará al currículo –y, de hecho, está ya interviniendo en él–, no se limita solo a esa dimensión de nuestro quehacer, sino que alterará otras, incluyendo, por ejemplo, a nuestra concepción de aprendizaje.

A pesar de la compleja, dolorosa y agobiante circunstancia, se ve necesario un esfuerzo adicional, más integrado y convocante. Es para ello que se necesita aquel gran debate.

Terminamos ofreciendo reiteradas disculpas por el atrevimiento y la insuficiencia, y evocando de manera un tanto vaga una conversación de un cuento antiguo que tal vez venga al caso:

- ¿Tienes harina... tienes sal... hay agua...?
- Sí.
- Entonces, ¿no sería bueno hacer un pan?

Referencias

- Araya, R., Isoda, M., y González, O. (2020). A framework for Computational Thinking in preparation for transitioning to a Super Smart Society. *Journal of Southeast Asian Education*, 1, 1-16.
- Araya, R., Isoda, M., y Van der Molen Moris, J. (2021). Developing Computational Thinking Teaching Strategies to Model Pandemics and Containment Measures. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 12520. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312520>
- Anron, I., Cottril, J., Dubinsky, E., Oktac, A., Roa Fuentes, S., Trigueros, M., y Weller, K., (2014). *APOS theory. A framework for research and curriculum development in mathematics education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7966-6>
- Ball, D. L., y Bass, H. (2003). Making Mathematics reasonable in school. En J. Kilpatrick, W. G. Martin y D. Schifter (Eds.), *A Research companion to Principals and Standards for School Mathematics* (pp. 27-44). National Council of Teachers of Mathematics.
- Ball, D. L., Thames, M. H., y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Ben-Zvi, D. (2001). Technological tools in statistics education. En *Jornades Europees d'Estadística. L'ensenyament i la difusió de l'Estadística* (pp. 207-220). Conselleria d'Economia, Comerç i Indústria. Govern de les Illes Balears.
- Ben-Zvi, D., y Garfield, J. (2004a). Statistical Literacy, Reasoning, and Thinking: Goals, definitions, and challenges. En D. Ben-Zvi y J. Garfield (Eds.), *Introduction to Statistical Literacy, Reasoning, and Thinking* (pp. 3-15). Kluwer Academic Publications. https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6_1
- Ben-Zvi, D., y Garfield, J. B. (Eds.). (2004b). *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning and Thinking*. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6>
- Borromeo Ferri, R., Mena-Lorca, J., y Mena-Lorca, A. (Eds.). (2021). *Fomento de la Educación-STEM y la Modelización Matemática para profesores*. Kassell University Press. <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/12985>
- Cantoral, R. (2013). *Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa. Estudios sobre construcción social del conocimiento*. Gedisa.
- Carrillo, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar-González, A., Ribeiro, M., y Muñoz-Catalán, M. C. (2018). The Mathematics Teacher's Specialised Knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236-253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Center for Research on International Cooperation in Educational Development. (2022). *The University of Tsukuba-APEC International Cooperative Research*. https://www.criced.tsukuba.ac.jp/math/apec/index_jp.php
- Chevallard, Y. (1998). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. Aique.
- Council for Science, Technology, and Innovation. (2017). *Japan Science and Technology Policy. Realizing Society 5.0*. https://www.japan.go.jp/abonomics/_userdata/abonomics/pdf/society_5.0.pdf
- Dhombres, J. (1978). *Nombre, mesure et continu: Épistémologie et histoire*. CEDIC/Fernand Nathan.
- Donald, M. (1991). *Origins of the modern mind: Three stages in the evolution of culture and cognition*. Harvard University Press.
- Donald, M. (1993). Precipice of origins of the modern mind: Three stages in the evolution of culture and cognition. *Behavioral and Brain Sciences* 16, 737-791. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00032647>
- Donald, M. (2007). The slow process: A hypothetical cognitive adaptation for distributed cognitive networks. *Journal of Physiology Paris*, 101(4-6), 214-222. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2007.11.006>
- Duval, R. (1995). *Semiosis y pensamiento humano*. Universidad del Valle.
- Estrella, S., Vergara, A., y González, O. (2021). Developing Data Sense: Making inferences from variability in tsunamis at Primary School. *Statistics Education Research Journal*, 20(2), 16-16.
- Estrella, S., y Vidal-Zsabó, P. (2017). Alfabetización estadística a través del estudio de clases: representaciones de datos en primaria. *Uno: Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 78, 12-17.

- Estrella, S., Olfos, R., y Mena-Lorca, A. (2018). Lesson Study in Chile: A very promising but still uncertain path. En M. Quaresma, K. Winslow, S. Clivaz, J. P. da Ponte, A. N. Shuilleabhain y A. Takahashi (Eds.), *Mathematics lesson study around the World: Theoretical and methodological issues* (pp. 105-122). Springer International Publishing.
- Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico. (2016). *2016 Leaders' Declaration*. https://www.apec.org/Meeting-Papers/Leaders-Declarations/2016/2016_aelm
- Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico. (2018). *Inclusive Mathematics for Sustainability in a Digital Economy (InMside)*. APEC Project Database. <https://aimp2.apec.org/sites/PDB/Lists/Proposals/DispForm.aspx?ID=2247>
- Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico. (2020). *COVID-19 Hastens Automation*. APEC Policy Support Unit. https://www.apec.org/Press/News-Releases/2020/0626_Future
- Gal, I. (2000). Statistical literacy: Conceptual and instructional issues. En D. Coben, J. O'Donoghue y G. FitzSimons (Eds.), *Perspectives on adults learning Mathematics: Research and practice* (pp. 135-150). Kluwer. https://doi.org/10.1007/0-306-47221-X_8
- Garfield, J. B., y Gal, I. (1999). Teaching and assessing statistical reasoning. En L. V. Stiff (Ed.), *Developing mathematical reasoning in grades K-12* (pp. 207-219). National Council of Teachers of Mathematics.
- Gersten, R., Taylor, M. J., Keys, T. D., Rolfhus, E., y Newman-Gonchar, R. (2014). *Summary of research on the effectiveness of math professional development approaches*. REL Southeast & National Center for Education, Evaluation and Regional Assistance. Institute of Education Science. US Department of Education.
- Goldin, C., y Katz, L. (2008). *The race between Education and Technology*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9x5x>
- González, O., Isoda, M., y Araya, R. (2020). A New Framework for Statistical Thinking in the Time of Big Data and the Digital Economy. *Journal of Southeast Asian Education*, 1, 59-67.
- Isoda, M., y Katagiri, S. (2014). *Pensamiento matemático: cómo desarrollarlo en la sala de clases*. CIAE, Universidad de Chile.
- Kano, T. (2019). *Curriculum Reform for Digital Society: Challenges to 4th Industrial Revolution*. http://www.criced.tsukuba.ac.jp/math/apec/apec2019/presentations/7Feb/2/rev-Toshiharu_Kano20190207.pdf
- Kuzniak, A., y Richard, P. (2014). Espacios de trabajo matemático. Puntos de vista y perspectivas. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 17(4-1), 5-39. <http://dx.doi.org/10.12802/relime.13.1741a>
- Liu, W. C. (2022). (Ed). *Singapore's approach to developing teachers: Hindsight, insight, and foresight*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429433641>
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., y Hung Byers, A. (2011). *Big Data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. The McKinsey Global Institute.
- Mena-Lorca, A. (2022a). Sobre la nueva reforma de la educación matemática: invitación a un debate, 1. *Revista Chilena de Educación Matemática*, 14(1), 4-16. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v14i1.107>
- Mena-Lorca, A. (2022b). Sobre la nueva reforma de la educación matemática: invitación a un debate, 2. *Revista Chilena de Educación Matemática*, 14(1), 17-30. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v14i1.108>
- Mena-Lorca, A. Mena-Lorca, J., y Morales, A. (2022). Contemporary learning in the interaction of the human with data, via technology-mediated graphics: the discourse-representation dialogue in mathematics. En F. Cordero, M. Rosa, D. Orey, y P. Carranza (Eds.), *Mathematical Modelling Programs in Latin America – A collaborative context for social construction of knowledge for educational change* (pp. 347-366). Springer.
- Moore, D. S. (1997). New pedagogy and new content: The case of statistics. *International Statistical Review*, 65, 123-165. <https://doi.org/10.2307/1403333>
- Morris, I. (2013). *The measure of Civilization. How social development decides the fate of nations*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400844760>

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2016). *Educación 2030. Declaración de Incheon y Marco de Acción para la realización del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656_spa
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *COVID-19 Education. How many students are at risk of not returning to school?* July 2020. UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2021). *Reimaginar juntos nuestros futuros – Un nuevo contrato social para la educación*. UNESCO.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2004). *Revisión de Políticas Nacionales de Educación. Chile*. OECD.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2018). *The future of education and skills. Education 2030*. Secretary-General of the OECD.
- Oteiza, F. (2015). 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. En X. Martínez y O. Camarena (Eds.), *La educación matemática en el siglo XXI* (pp. 41-66). Instituto Politécnico Nacional.
- Peirce, C. S. (1998). *The Essential Peirce. Volume 2. Selected Philosophical Writings (1893-1913)*. Indiana University Press.
- Shaffer, D. W., y Kaput, J. J. (1988). Mathematics and Virtual Culture: An evolutionary perspective on Technology and Mathematics Education. *Educational Studies in Mathematics*, 37, 97-119. <https://doi.org/10.1023/A:1003590914788>
- SEAMEO Secretariat. (2022, 10 de febrero). *10th SEAMEO-University of Tsukuba Symposium* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=X6Znu8bnIO0>
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Tedre, M., y Denning, P. (2016). *The long quest for Computational Thinking*. <https://doi.org/10.1145/2999541.2999542>
- Turchin, P. (2016). *Ultrasociety: How 10,000 years of war made humans the greatest cooperators on Earth*. Beresta Books.
- Villani, C., Schoenauer, M., Bonnet, Y., Berthet, C., Cornut, A.-C., Levin, F., y Rondepierre, B. (2018). *Donner un sens à l'Intelligence Artificielle: Pour une stratégie nationale et européenne*. Mission Villani sur l'intelligence artificielle. AI for Humanity. https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani_Presse_FR-VF.pdf
- Wild, C., y Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-248. <https://doi.org/10.2307/1403699>
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. (2014). Computational thinking benefits society. *40th Anniversary Blog of Social Issues in Computing*. <http://socialissues.cs.toronto.edu/index.html%3Fp=279.html>
- Wolfram, S. (2016, 7 de septiembre). *How to teach computational thinking*. Wired. <https://www.wired.com/2016/09/how-to-teach-computational-thinking/>