

12. A LAS VUELTAS CON STEM

Néstor Darío Marinozzi¹

Resumen

En la última década se promociona en nuestro país la importancia de la educación según el modelo STEM (ciencia, tecnología, ingeniería, matemática) como propuesta de incorporación del mundo tecnológico —especialmente digital— al sistema educativo y como metodología para desarrollar conocimiento en estas áreas que, integradas, conforman una propuesta de énfasis en la enseñanza articulada y consistente que viene acompañada de propuestas didácticas diseñadas para el mismo fin.

Sin embargo, es posible revisar estas propuestas desde la perspectiva que originalmente les dieron vida, que es como política de estado de un país que la genera por el requerimiento de ciertos perfiles de formación necesarios para satisfacer las demandas de su mercado laboral.

Es en este contexto —y en pleno impulso desde distintos estamentos de las iniciativas STEM— resulta imperioso remarcar la necesidad de una Educación Tecnológica cimentada sobre firmes bases conceptuales que permita a la tecnología dialogar con las otras áreas del pensar y el hacer, en lugar de ofrecer un servicio meramente conectivo y siempre cambiante según las demandas externas.

A su vez se verifica como improporrogable la necesidad de repensar los aportes de la Educación Tecnológica en la formación ciudadana —mirando más allá de los apuros por cierto difuso *aggiornamento* y encuadre en el escenario laboral— en términos de horizonte de soberanía tecnológica.

Palabras clave: STEM, estado, curriculum, Educación Tecnológica, política educativa

¹ Néstor Darío Marinozzi. Técnico Mecánico, Profesor de Matemática, Física y Cosmografía, Analista de Sistemas de Computación, Postítulo Universitario en Política Educativa y Gestión Institucional (UNR). Docente de Nivel Secundario y Superior. Coordinador y redactor de Diseño Curricular de Educación Tecnológica para la Educación Secundaria de la provincia de Santa Fe. Representante por Santa Fe en el Seminario de Discusión Federal de los NAP de Educación Tecnológica de Ciclo Básico y en el Seminario Federal de Producción de Materiales Curriculares para propuesta Entrama. Coordinador del Diseño Curricular del Profesorado en Educación Tecnológica de Santa Fe, 2013-2014. Integrante de la comisión organizadora del Colectivo Docente de Educación Tecnológica.

“Si la escuela no enseña a programar, en 20 años seremos todos analfabetos funcionales”.

Esta consigna tomó fuerza a inicios de la década del 90. Muchas veces se agregaba la palabra BASIC luego de “programar”. La consigna aludía a una visión del futuro que comprometía a la humanidad (la sociedad del futuro y a la escuela como preparación) a formarse para un ámbito específico de la tecnología. Es decir, para afrontar los desafíos tecnológicos del porvenir que se avizoraba.

¿Quién se salva del terror a la desocupación? ¿Quién no teme ser un naufrago de las nuevas tecnologías, o de la globalidad, o de cualquier otro de los muchos mares picados del mundo actual? Los oleajes, furiosos, golpean: la ruina o la fuga de las industrias locales, la competencia de la mano de obra más barata de otras latitudes, o el implacable avance de las máquinas, que no exigen salario, ni vacaciones, ni aguinaldo, ni jubilación, ni indemnización por despido, ni nada más que la electricidad que las alimenta. El desarrollo de la tecnología no está sirviendo para multiplicar el tiempo de ocio y los espacios de libertad, sino que está multiplicando la desocupación y está sembrando el miedo. (Galeano, 2008, p. 115)

(In)Definiciones acerca de STEM

Desde los ámbitos educativos se promueven en Argentina iniciativas como el modelo STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemática) (o STEAM, incluyendo Arte, o STREAM, con R de Reading and Writing) que, generado en los 70 por los trabajos de Seymour Papert, tomó cuerpo en los 90 y se instaló en los sistemas educativos, especialmente de Estados Unidos y en países de Europa como un estímulo para la formación en dos campos: por un lado la ciencia y la ingeniería y por otro la generación de mano de obra calificada. La línea pretende estimular el interés por las ciencias básicas, partiendo de la fascinación y la ubicuidad de la tecnología y (en el caso de STEAM) del arte y el diseño.

Hay que consignar que no se trata de una corriente pedagógica sino de una política de estado, que es llevada adelante por la National Science Foundation (NSF), agencia gubernamental de Estados Unidos. En sus principios consigna como fines “la formación e integración de la sociedad en un mundo tecnológico cada vez más avanzado financiando becas para estudiantes de bajos ingresos con talento

académico y las actividades de las instituciones para su reclutamiento, retención y graduación en áreas STEM”². Desde 1998 se incrementaron las visas a extranjeros con capacidades en el área. Se habla de la promesa de movilidad social y de asociación entre instituciones en campos que tienen una gran demanda de formación de profesionales que puedan operar en la convergencia de disciplinas e incluyen, entre otros, computación cuántica y ciencia cuántica, robótica, inteligencia artificial y aprendizaje automático, ciencias de la computación e ingeniería informática, ciencia de datos y ciencia computacional aplicados a áreas STEM que necesitan urgentemente profesionales nacionales.

En 2018 desde el Departamento de Trabajo de USA "se proyecta que agregarían un número sustancial de nuevos empleos a la economía o afectarían el crecimiento de otras industrias que están siendo transformados por la tecnología y la innovación que requieren de un nuevo conjunto de habilidades para los trabajadores"³. Hay que leer esta referencia a la luz de casi 30 años de aplicación de STEM en el sistema educativo de Estados Unidos. Desde el trabajo de Carina Lion para Unesco se asevera que:

Hemos visto en los últimos años políticas que destacaron el tema de STEAM (electrónica, programación y robótica) cómo línea de priorización curricular”. Cuando hablamos de STEM —por sus siglas en inglés para Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas— nos referimos a un nuevo campo de conocimiento que no suma las distintas disciplinas, sino que las articula desde una perspectiva multidisciplinar. En la actualidad, se agrega la “A” para incluir la dimensión artística y de diseño: STEAM. Como campo de articulación y por su actualidad, STEAM se integra al currículum desde la lógica de generar nuevas habilidades y conocimientos que ofrezcan soluciones innovadoras para problemas de relevancia social [...]

Encontramos también que se fundamenta desde una oportunidad para explorar, experimentar, crear, probar nuevas cosas, bocetar y diseñar. Se piensa su inclusión en una dimensión curricular (de contenidos más transversal), de diseño (porque implica un rediseño del espacio escolar y de su

2

<https://new.nsf.gov/funding/opportunities/s-stem-nsf-scholarships-science-technology-engineering-mathematics>. Noviembre de 2024.

³«The STEM Workforce Challenge: the Role of the Public Workforce System in a National Solution for a Competitive Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Workforce». U.S. Department of Labor. Abril de 2007.

dinámica didáctica) y cognitiva (porque se la asocia a la generación de capacidades de pensamiento y de imaginación vinculadas con lo que se denomina “pensamiento computacional” vinculado con el razonamiento lógico, la resolución de problemas y el pensamiento crítico). El razonamiento lógico implica una sistematización de rutinas; ordenar ideas y acciones que serán realizadas por diferentes partes o componentes para que desarrollen una tarea determinada. Es un proceso sistemático que involucra codificación, lenguajes específicos y una lógica de pasos a seguir. El pensamiento crítico supone también mirar y comprender un fenómeno de varias o muchas maneras posibles para así entender, tal como postula Bruner (1997), que “entender algo de una manera no evita entenderlo de otras”. Así, pone a prueba nuestros propios juicios y nos invita a ampliar la mirada sobre problemas y situaciones. (Lion, 2019, pp 10-11)

Desde el punto de vista pedagógico, STEM en la escuela pretende un enfoque de aprendizaje interdisciplinar con vistas a la transferencias de estos entre las disciplinas definiendo al docente como guía y orientador y proporcionando constantemente retroalimentación a sus estudiantes con soportes didácticos como robótica educativa y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

La mala noticia es el rotundo fracaso y cuestionamiento en esta línea de trabajo en los países centrales —al menos en los términos en que originariamente fue concebida— que no ha logrado mejorar los cánones que se había propuesto y, como se ha sugerido, se vuelve a redireccionar cada vez que los números no cierran.

- La vocación por las ciencias básicas y las matemáticas en estos países no ha aumentado. Los perfiles STEM no parecen estar atrayendo a tantos estudiantes como deberían. De hecho entre los años de furor en la aplicación en Europa (2006 a 2011) se redujo un 2,6%.⁴
- Se estimula la inmigración de mano de obra calificada y formados en estas disciplinas por las exigencias del campo profesional y laboral. Por ejemplo, se verifica que la inmigración asiático-oriental tiene más preparación en estos campos que la latinoamericana y afroamericana. A la par que la proporción de

4

<https://www.eleconomista.es/especial-formacion/noticias/11391124/09/21/Europa-podria-quedarse-sin-suficientes-graduados-en-carreras-STEM.html>. Noviembre 2024.

afroamericanos disminuye, también lo hace su remuneración comparada (que es en promedio un 25% menor a la de sus compañeros blancos, etc⁵.)

- La aplicación de políticas educativas STEM ha profundizado —al revés de los pronósticos que se tenían a priori— las brechas de género en los países donde se aplica. La UNESCO menciona que se han tomado varias medidas e intervenciones en los distintos rubros, en el ámbito personal, mejorando motivación y desarrollando las identidades STEM de las mujeres⁶ Los países “ricos”, como se menciona, invirtieron importantes sumas de dinero para no tener resultados al respecto. Así lo consigna un estudio de OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) de 2023.⁷ Hay también estudios en países donde se ha logrado una avanzada en la igualdad de género (Suecia, Finlandia, Noruega) donde el sesgo diferencial en STEM ha aumentado.⁸

La Educación STEM, según Morrison (2006), es una meta-disciplina encargada de alfabetizar y dotar de competencias científico-tecnológicas en los estudiantes, independientemente de si llegarán en un futuro a formar parte de este ámbito. Desarrollar ciudadanos capaces de involucrarse y participar en retos científico-tecnológicos, así como ofrecer soluciones respecto al ámbito social es uno de los retos de la Educación STEM⁹. Es evidente la diferenciación planteada respecto de los fines originales, donde se aprecia el redireccionamiento mencionado cuando las expectativas no se cumplen. Y en esto de redireccionar los fines, se pueden citar las distintas manifestaciones y adaptaciones que fueron otorgándose a estas iniciativas toda vez que las circunstancias lo han demandado con temor de no alcanzar a mencionarlas, o que entre escritura y publicación de este artículo quede desactualizada. Se puede consultar al final de este artículo un listado de abreviaturas y acrónimos de variantes de la iniciativa STEM con sus correspondientes aclaraciones.

⁵ <https://observatorio.tec.mx/edu-news/racismo-en-la-ciencia/>. Noviembre de 2024.

⁶ UNESCO. (2019b). Descifrar el código (Revisada ed.). Van Haren Publishing.

⁷

https://www.eldebate.com/educacion/20231215/paises-ricos-dilapidaron-millones-dolares-forzar-chicas-ingenieras-informaticas_160462.html. Noviembre 2024.

⁸ <https://mujeresconciencia.com/2019/03/15/igualdad-de-genero-y-eleccion-de-carreras-stem/>. Noviembre 2024.

⁹ Morrison (2006)

Entre STEM y CTS

Especialmente en los países latinos se ha tratado de conciliar los enfoques STEM y CTS en una misma línea de trabajo entre otras razones para no desdejar los grandes enunciados ambientales de las tres o cuatro últimas décadas. Los enfoques CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) también se presentan como espacios integrados. Al respecto, la cita de Wikipedia no puede ser más reveladora por la evidente preeminencia de las virtudes y características de las ciencias y la mención tangencial y secundaria a la Tecnología. Podemos leer en “Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad, en el subtítulo “Beneficios del pensamiento científico”:

El pensamiento científico es una forma sistemática de observar y comprender el mundo natural que nos rodea. Su uso ha permitido a la humanidad adquirir conocimientos profundos y precisos sobre el universo, y ha impulsado el avance en áreas como la tecnología, la medicina y la energía. Uno de los beneficios más importantes del pensamiento científico es que nos permite obtener una comprensión objetiva y rigurosa de la realidad. Los científicos utilizan métodos empíricos y rigurosos para recopilar datos, formular hipótesis y probar teorías. Como resultado, el conocimiento científico se basa en evidencias y hechos, lo que nos ayuda a comprender la realidad de manera más precisa y confiable. Además, el pensamiento científico ha permitido avances significativos en el bienestar humano. La medicina moderna, por ejemplo, se basa en el conocimiento científico para desarrollar tratamientos efectivos y prevenir enfermedades. La tecnología también se ha beneficiado del pensamiento científico, lo que ha permitido el desarrollo de dispositivos y sistemas más avanzados que mejoran la calidad de vida de las personas.

Asimismo, la investigación científica moderna requiere, en ocasiones, de importantes inversiones en grandes instalaciones como grandes aceleradores de partículas (CERN), la exploración espacial o la investigación de la fusión nuclear en proyectos como ITER.”¹⁰

Los enfoques CTS han resultado un gran aporte a la educación especialmente desde la posibilidad de pensar sistémicamente estas relaciones tan complejas como las de estos campos, en especial desde el momento en que denominamos de *tecnociencia*, es decir el condicionamiento cada vez mayor de la ciencia por la

¹⁰https://es.wikipedia.org/wiki/Estudios_de_ciencia,_tecnolog%C3%ADa_y_sociedad. Noviembre 2024

tecnología, así como esta última resultaba, de manera creciente del progreso científico (Cupani, 2022).

Los estudios CTS comenzaron a incluirse en la educación argentina desde la década de 1990, con mayor o menor atención desde los niveles de decisión de los sistemas educativos, pero ha logrado la inclusión en los diseños de muchos espacios curriculares, incluso como materia propia en algunos planes de estudios como, por ejemplo, el Diseño Curricular del Profesorado de Física de la Provincia de Santa Fe como Unidad Curricular de Contenido Variable (UCCV) Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, RM 2090/15.

Algún sin embargo

Esta variedad de iniciativas, con sus valiosos aportes establecen un escenario que permite mirarnos fronteras adentro, donde nos encontramos en pleno furor de la avanzada de iniciativas que toman a STEM (o STEAM) como “modelo educativo a seguir”. Nos referimos a políticas educativas de estado que especialmente han ido tomando fuerza en los últimos diez años. Políticos y educadores que (supuestamente) leen y admiran a Bruner, Moravec con su aprendizaje invisible, Judi Harris con su Metodología TPACK, George Siemens con su conectivismo, Kilpatrick con su ABP -todos estadounidenses- con sus desarrollos y nunca leyeron o acaso desconocen totalmente a los pensadores vernáculos de la filosofía de la técnica y de la Educación Tecnológica¹¹, con lo cual no hay forma de avizorar en ningún horizonte imaginable un tris de soberanía tecnológica.

Algunas de estas avanzadas lograron establecerse en forma propositiva desde el Consejo Federal de Educación como NAP (Núcleos de Aprendizajes Prioritarios). Es el caso de los NAP de Educación Digital, Programación y Robótica (EDPR) en 2018. Curiosamente, pero no puede considerarse un dato menor, se aprobaron y publicaron sin discusión ni acuerdos federales, simplemente se “presentaron”. En la misma línea, en 2021 se lanzó el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología en la escuela, un plan que continúa avanzando desde las sombras, ya sin anuncios rimbombantes, que asegura un cuantioso negocio a la Cámara Argentina del Software y otros privados comprometiendo al sistema educativo, por lo

¹¹Diego Lawler, Susana Leliwa, Carlos Marpegán, Silvina Orta Klein, Darío Sandrone, Andrés Vaccari, Abel Rodríguez de Fraga, entre muchos otros.

menos en la Provincia de Santa Fe, por 20 años. No vale la pena extenderse en esto, pero sí en algunos detalles de este tipo de iniciativa, que no por ser detalles dejan de configurar una trama, un paisaje.

Todas estas iniciativas, sean del tipo STEM o similares —recordemos que son impulsadas como política de estado— o del tipo CTS, como enfoque didáctico carecen en lo formal y lo fáctico de conceptualizaciones de la Tecnología (o la tecnología, o las tecnologías), o al menos se muestran en un nivel muchísimo más difuso que el de la Ciencia o la Matemática. Como se suele sugerir, Matemática y Ciencia proveen “contenidos claros estipulados” y Tecnología brinda las conexiones.

Es en este punto donde nos detenemos. ¿Hasta dónde se puede decir que Tecnología no tiene o no provee contenidos claros estipulados? Si así lo consideran, ¿qué han estado enseñando los países centrales durante las últimas cinco décadas? ¿Han estado a tientas echando mano a cuanta nueva tecnología surgiera para meterla en la enseñanza, improvisando y emparchando sobre la marcha?

Los datos presentados parecen indicar que exactamente de eso se trata.

De la fascinación por el LOGO, pasando por la pretensión de la universalización de la enseñanza de un lenguaje de programación (BASIC o cualquier otro) en los 90 a la insistente presión por meter simpáticos robotitos o enseñar ciencias de la computación desde edades tempranas se verifica un *continuum* que tiene su punto de tensión actual en la deslumbrante seducción de la IA (inteligencia artificial) popularizada a través de los chatbots.

Sin embargo, es harto demostrado posible indagar en la identificación de núcleos conceptuales en la tecnología, que permitan por un lado delimitar un campo de conocimiento —sin quedar bloqueados por sus límites difusos y sus zonas grises que, cabe consignar, tienen también las ciencias básicas y la matemática— y por otro visualizar la posibilidad de organizar un cuerpo conceptual consistente, articulado y diferenciado que aun en tiempos de un cambio tecnológico vertiginoso continúe referenciando el área y que sea capaz de alojar las tecnologías emergentes cualquiera sea su característica distintiva. Esta identificación es necesaria para proponer una Educación Tecnológica que se presente en el sistema educativo como un espacio imperioso de formación general que contribuya a la construcción de subjetividades y de ciudadanía entre otros fines que se requieren a los espacios curriculares.

Si bien una conceptualización de la Tecnología (o tecnología) no ha estado en el centro de la preocupación de los sistemas educativos de los países anglosajones tanto como la introducción de contenidos (y esto se verifica con la pretensión de “educar para la tecnología”), los desarrollos actuales en filosofía de la técnica —que recuperan y actualizan mojones epistemológicos de las últimas décadas por autores como Gilbert Simondon, Bruno Latour, Miguel Quintanilla, entre otros— propugnan desbrozar el campo conceptual abriendo posibilidades de desarrollo de nuevas propuestas en el pensar y el enseñar.

La pregunta de qué es mejor: incorporar a los estudiantes al mundo de las nuevas tecnologías o generar capacidades para comprender los fenómenos tecnológicos que hoy se manifiestan en ellas puede responderse con que lo segundo prepara para lo primero y nunca la recíproca.

Igualmente, siempre habrá nuevas tecnologías a la que la escuela quiera hacerle lugar, al decir de Abel Rodríguez de Fraga, aunque no siempre sepa para qué. Fraga (2003) recomienda visitar a Marc De Vries (1995) quien propuso en 1995 en un estudio ya clásico algunas características de la tecnología que ayudan a caracterizarla partiendo de diferentes enfoques.

Respecto de una posible Educación Tecnológica, Fraga contribuye con interesantes reflexiones, algunas tomadas de una entrevista de la Facultad de Humanidades y Artes de la Universidad Abierta de Entre Ríos (UADER)¹²:

La Educación Tecnológica tendría que preocuparse por las cuestiones más micro de la técnica, sin olvidar los agentes sociales que la conforman. A diferencia de una sociología que no entran en el análisis del artefacto, una Educación Tecnológica tendría que ver ese intercambio de propiedades que hay entre los humanos y las cosas de manera que los humanos van cediendo propiedades a los objetos. Qué funciones se delegan en las máquinas y cuáles proveen los humanos. Es un diálogo más micro que una sociología como podría plantear Latour. La técnica, como todo lo social, cambia en muchas cosas y se mantiene invariante en otras. Cuánto se mantiene invariante depende de hechos históricos. En el intercambio de propiedades sujeto-cosa tendríamos que pensar qué se conserva, qué se mantiene invariante. De ahí que podamos hablar de *procesos* que son las transformaciones que

¹² FHYACS Audiovisuales (20 de diciembre 2017). *Apuntes 22 Abel Rodríguez de Fraga - La Educación Tecnológica*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=uiwhmikG8AQ&t=2s>. Noviembre de 2024.

experimentan los insumos y los procesos se mantienen a lo largo de años, de siglos. En cambio las técnicas cambian con más frecuencia pero a su vez las funciones de técnicas anteriores son recuperadas, transformadas. Es una sucesión de cambios incrementales y otros más bruscos en la medida que algunos de ellos empiezan a modificar el sistema de la relación técnico persona existente.

Incluso para contrarrestar esta creencia de que la técnica es neutra hay que acercarse a campos del conocimiento que han aportado sustantivamente al tema. Para una Educación Tecnológica cabría trabajar no solamente desde una resolución de problemas concretos—cómo se hacen las cosas— sino también qué razones de necesidad puede haber, con qué propósito se hacen y sobre todo la reflexión sobre el uso de artefactos, de tecnología. El tema del uso es muy interesante y dio lugar a trabajos sociales muy buenos (Michel de Certeau, Luce Giard, entre otros) y aportan mucha información al respecto. También el hecho de que la resolución de problemas concretos, técnicos vaya acompañada de un análisis en el plano social: cómo han ocurrido estas cosas, quiénes se ven beneficiados quiénes perjudican permite ver que no hay tal neutralidad.

Entonces parece conveniente en proponer una Educación Tecnológica que recupere aspectos centrales de la tecnología que constituyan la definición de una materia que admita su trasposición didáctica y que dé cuenta de un objeto de conocimiento al cual aportan hoy muchos territorios teóricos, donde la falta de consensos muestra el fenómeno de que nunca hubo tantos aportes y a la vez tanta controversia. Sin embargo, esto no inhabilita la posibilidad de una enseñanza, dado que la diversidad de enfoques no persiste solo en el área de la tecnología.

Si consideramos que es imperdonable no tomar en cuenta los núcleos conceptuales de la Matemática o las Ciencias, no hay motivos para permitir tomar contacto con la Tecnología a través de temáticas sueltas o relativas a un solo campo disciplinar de la misma en la educación general.

Y de vuelta...

Tal vez sea pertinente en este marco, ya no una educación “para estas tecnologías”, como suelen auspiciar los aportes provenientes de las líneas pedagógico-didácticas que sostienen a las iniciativas STEM, sino en una educación

en tecnología que admita soportes conceptuales claros y con continuidad temporal, asociado al desarrollo de capacidades teórico-prácticas que permitan interactuar con artefactos y sistemas con distinto grado de complejidad.

No se trata de menoscabar ni de rehuir a la relevancia de la educación en los ámbitos mencionados (ciencia, tecnología, ingeniería, matemática), que son puntales indispensables para siquiera imaginar un camino hacia una soberanía científico-tecnológica por lo menos, sino de revisar a la luz de los orígenes primero y de los resultados después, cuánto de visos de realidad en tanto a la mejora de la calidad educativa tienen estos eslóganes, estas promesas de futuro que se nos presentan más como lemas publicitarios que propuestas pedagógicas sistémicas, las que muchas veces llegan a un enunciado general acompañado por un paquete didáctico que casualmente termina referenciando a un puñado de grandes empresas de software y/o equipamiento escolar.

Y una Educación Tecnológica

En nuestro país fue cobrando forma en los últimas tres décadas una propuesta de Educación Tecnológica articulada en derredor de procesos tecnológicos, sus operaciones sobre los insumos de materia, energía e información, en las estructuras y funciones de los sistemas técnicos, en la constitución y agencia de los artefactos, en las tareas que realizan las personas y cómo se delegan en sistemas técnicos dando paso a la tecnificación como aspecto central de las transformaciones, en el diseño como herramienta maestra de la anticipación, en la concepción sistémica de las tecnologías, las redes y un enfoque sociotécnico que permita visualizar las tecnologías en el interjuego entre humanos, ambiente y condiciones de vida, que parecen proporcionar elementos contundentes a la hora de conceptualizar para generar inteligencia tecnológica.

En este marco, como propone Carlos Marpegán (2021), es menester comprender que la tarea de educar para el hoy y el mañana es una tarea política que no se agota en transmitir saberes o técnicas sino que entraña el desarrollo de capacidades complejas para la vida en un mundo que se manifiesta cada vez más difícil e incierto y que tiene como uno de sus signos nodales el *cambio tecnológico* en tanto despliegue artefactual y cultural vertiginoso, que impacta en todas las facetas de la vida cotidiana individual y colectiva.

Es por ello que la formación ciudadana escolar requiere de una reflexión sobre la tecnología que supere la persecución de la novedad con el propósito de *aggiornar* la enseñanza —como se pretende desde múltiples factores de decisión basados en una concepción de la educación como una variable de mercado y a los educandos como futuras piezas en su intrincado mecano— y permita a los estudiantes generar capacidades complejas en clave de derecho que habiliten la comprensión sistémica de un mundo donde el fenómeno artificial define el ambiente tanto o más que lo que llamamos con el término “natural”. Y, a su vez, comporte mirada crítica hacia las decisiones técnicas abriendo las *cajas negras* de las tecnologías existentes y propuestas.

Desde esta perspectiva, ¿es legítimo posponer la enseñanza de las tecnologías que hoy definen el contexto mundial? Por supuesto que no, un espacio que brinde una Educación Tecnológica general desarrollará las competencias básicas tecnológicas en clave de derechos para todos los ciudadanos en formación y esto incluye necesariamente como punto de tensión del curriculum las tecnologías emergentes que tanto llaman hoy la atención. Pero cabe consignar fuertemente que si se pretende atender a las exigencias del mercado laboral como una de las motivaciones de la iniciativa STEM con la generación de mano de obra calificada deberá revisarse la “aplicación” de la misma en la educación argentina toda vez que su sistema educativo cuenta con una cobertura —aunque pueda considerarse insuficiente e incompleta— de educación técnica profesional en el nivel secundario casi ausente por completo en los países donde se generaron y cundieron estas políticas de estado.

Nuestro país tiene un desarrollo de escuelas técnicas superior a la media de los países de referencia. De hecho, en la *madre patria* política y pedagógica actual, (según las publicaciones oficiales de los últimos diez años) la escuela técnica no existe tal como la conocemos. Hay cursos de formación vocacional o laboral para estudiantes en nuestra edad de secundario y carreras de 2 a 4 años que suelen dictarse en las universidades en los Community College con un costo regular de unos 10.000 dólares anuales para no residentes, una de las razones por las cuales hay escasas vocaciones tempranas en STEM.

Ante este panorama, parece un despropósito implementar una lógica STEM *en todos los niveles del sistema educativo* pintándola como “educación para el

futuro” cuando se dispone de una excelente infraestructura para la educación técnica que cumple los requisitos de formación prelaboral y laboral, además de propedéutica, solamente a los efectos de insertar el sistema educativo en una lógica mercantilista que propone dada la masividad de las nuevas tecnologías, a la larga, la generación de mano de obra calificada de menor remuneración que la nativa. Por otra parte, limitar, cercenar y amputar las grandes conceptualizaciones sobre la tecnología que permiten comprender las lógicas de funcionamiento del mundo actual, como se ha dicho, por la persecución de un horizonte que se mantiene esquivo.

En este sentido corresponde consignar que una Educación Tecnológica pertinente debe contemplar dos orientaciones formativas (Leliwa y Marpegán, 2020):

- Una formación humanística, filosófica y cultural para entender las tecnologías, su evolución y sus efectos.
- Una formación teórico-práctica que contribuya el desarrollo de capacidades complejas para interactuar con el entorno cada vez más tecnologizado.

La primera de estas finalidades educativas refiere a la comprensión progresiva de la acción técnica y de la génesis de los objetos y sistemas técnicos, tanto desde sus esquemas de funcionamiento como de sus interacciones y efectos. La segunda, en cambio, alude a la construcción de una ciudadanía crítica y proactiva en un contexto hipertécnico de grandes dilemas políticos y sociales (p. 50-51).

Una Educación Tecnológica que desarrolle una inteligencia tecnológica brindando herramientas tanto para el conocimiento del mundo actual como desarrollar capacidades de intervención en el ambiente. Una Educación Tecnológica pertinente que enseñe a partir de los problemas típicos de la tecnología (de análisis, de síntesis y de caja negra) y no de modelos cientificistas aplicados a la misma.

A modo de conclusión

Decía Galeano (2008):

Este es un alevoso atentado contra el sentido común, cometido por el mundo al revés: el asombroso aumento de la productividad operado por la revolución tecnológica no sólo no se traduce en una evolución proporcional de los salarios, sino que ni siquiera disminuye los horarios de trabajo en los países de más alta tecnología.

A modo de mojonos, consignamos las siguientes proposiciones:

- STEM y sus derivaciones no constituyen de origen una propuesta pedagógica sino una política de estado de los Estados Unidos, que ha tomado cuerpo en algunos países de Europa y hace unos años de promoción en Argentina.
- Esto no permite eludir la importancia de los espacios de conocimiento que se mencionan (ciencia, tecnología, ingeniería, matemática); pero corre el foco de atención a tecnologías muy concretas.
- Se aplica desde hace más de tres décadas en Estados Unidos con resultados que desdican la propuesta original y se redefinen a cada paso.
- Sus tantas derivaciones pueden leerse como riqueza de posibilidades o como redefiniciones toda vez que no se alcanzan las metas propuestas.
- Se sustenta en trabajos de pensadores de las políticas educativas estadounidenses, ajenos a la filosofía de la técnica y los desarrollos pedagógicos europeos y sudamericanos.
- Se propone su incorporación en países como el nuestro en términos de necesidad, sin razones y fundamentos pedagógicos más que una didáctica diseñada *ad hoc*.
- La misma se concreta a través de la inclusión de ciertos contenidos en el currículum de todos los niveles y de cierta adquisición de equipamiento en una relación que mantiene cautivo al sistema escolar de una arquitectura de negocios.

Así, STEM ha ganado terreno como metodología de trabajo educativo generada desde un discurso que tiende a correr otras posibilidades de Educación Tecnológica, desde que se presenta como *aggiornamento definitivo* de la inclusión de las tecnologías en el sistema escolar, una especie de “fin de la historia” de Fukuyama del que no tiene sentido intentar salir.

Queda por consignar al lector desprevenido que no se trata de menoscabar la relevancia de estas áreas de conocimiento —imprescindibles para pensar en un tris de soberanía tecnológica— ni de las perspectivas de abordaje integrado sino de un intento de revisión desde otra perspectiva de estas iniciativas que se presentan tan asépticas como promisorias y en la concreción de las políticas educativas no dejan espacio para los desarrollos vernáculos. A su vez, allanan el paso a los funcionarios educativos que encuentran paquetes de soluciones promocionables desde los

anuncios (“incorporaremos robótica desde nivel inicial”, “equiparemos las escuelas con las últimas tecnologías”, “llega la fibra óptica a todas las aulas”, “nuestros alumnos se preparan para el futuro con IA en las aulas”) solamente con aceptar cerrar negocios con empresas que a su vez proporcionan el discurso “pedagógico” que se requiere para llevarlo adelante.

Tenemos un país que cuenta con un sistema educativo en inmejorables condiciones estructurales e históricas para desarrollar una Educación Tecnológica pertinente, que hay que reforzar, alimentar desde abajo, que recién comienza a brotar desde la Ley Nacional de Educación y los acuerdos federales de NAP, que está en riesgo no por razones pedagógicas sino por la incorporación acrítica de las voces del mercado a las políticas educativas en todos los estamentos, que a su vez entusiasma a los agentes del sistema educativo más, sospechamos, por una direccionalidad percibida como *clara* (para la tecnología) que por sus virtudes pedagógicas formativas que distan mucho de lograr lo que se enuncia, como se ha tratado de mostrar en este trabajo.

Una última observación. Si se trata de propender hacia una soberanía tecnológica como país, no resulta el mejor camino direccionar las políticas educativas a la enseñanza *para* ciertas tecnologías direccionadas desde los países centrales sino extender el derecho al conocimiento tecnológico pleno de las nuevas generaciones. Solamente comprendiendo los procesos generales podrá atisbarse un horizontes de logros comunes para el país. De lo contrario seguiremos admirando cómo *genios de la tecnología* deslumbran y se enriquecen a la par que sus empresas, las que nunca terminan de derramar sus beneficios en la sociedad ni siquiera sobre sus propios empleados.

Abreviaturas y acrónimos

STEAM	Science, Technology, Engineering , Arts, Mathematics Incorpora Arte y Diseño. Toda la iniciativa promueve un acercamiento a la ciencia básica y la ingeniería desde la fascinación de los estudiantes por la tecnología y ahora del arte y diseño.
STREAM	Science, Technology, Reading and Writing, Engineering , Arts, Mathematics Incorpora lectura y escritura. Especialmente desde las PISA 2018 que concluyó que los estudiantes con mejores calificaciones en lectoescritura también se destacan en ciencia.

STEM E&E	Science, Technology, Engineering, Mathematics <i>Enrichment and Enhancement</i> Incorpora mejora y enriquecimiento. Participan los empleadores, para determinar juntos los objetivos de la empresa.
STEMNET	Science, Technology, Engineering, Mathematics <i>Network</i> Plataforma que apoya a escuelas, profesorado y profesionales en educación STEM. Se centra en tres programas: STEM Ambassadors, STEM Club Programm y School STEM Advisory Network.
A-STEM	Artes, Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas Más centrado y basado en el humanismo y las artes.
eSTEM	STEM ambiental
GEMS	Niñas en Ingeniería, Matemáticas y Ciencias Se utiliza en programas que alientan a las mujeres a ingresar a estos campos.
MINT	Matemáticas, Informática, Ciencias Naturales y Tecnología
SHTEAM	Ciencia, Humanidades, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas
STEAM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Agricultura y Matemáticas
STEEM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Economía y Matemáticas Agrega la Economía como campo
STEMIE	Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas, Invención y Emprendimiento Agrega Invención y Emprendimiento como un medio para aplicar STEM a la resolución de problemas y mercados del mundo real.
STEMM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas y Medicina
STM	Científico, Técnico y Matemático
STREAM	Ciencia, Tecnología, Robótica, Ingeniería, Artes y Matemáticas Agrega Robótica y Artes como campos

Bibliografía

- Cupani, Alberto (2022) *Tecnociencia* en Glosario de Filosofía de la Técnica. Buenos Aires, La Cebra.
- de Certeau, M. (1999). *La invención de lo cotidiano*, México: Universidad Iberoamericana/ITESO/Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos.
- de Vries, M. (1995). *L'enseignement technologique aux Pays – Bas et autres pays européens*. Marsella: IUFM, Skholê.
- Galeano, E. (2008). *Patatas arriba*. Playa, Cuba: Editorial Caja China

- Giard, L. (1994). "Secuencias de acciones", en M. de Certeau, L. Giard y P. Mayol. *La invención de lo cotidiano 2. Habitar, cocinar*. México, Universidad Iberoamericana.
- González García, L. (2020). *Análisis comparado de la Educación STEM en los currículos de Reino Unido y España*. Madrid, Universidad Pontificia de Comillas.
- Leliwa S. y Marpegán C. (2020). *Tecnología y Educación: Aquí, allá y más allá*. Córdoba, Brujas
- Lion, Carina (2019). *Los desafíos y oportunidades de incluir tecnologías en las prácticas educativas. Análisis de casos inspiradores*. Buenos Aires, IPE-Unesco.
- Marpegán, C. (2021). *Glosario de la Educación Tecnológica: construyendo nociones y conceptos*. 1a ed. – Bariloche: Ediciones Patagonia Escrita.
- Morrison J. (2006). "TIES STEM Education Monograph Series: Attributes of STEM Education". Baltimore.
- Parente, D., Berti, A. Celis, C. (coords.) (2002) *Glosario de Filosofía de la Técnica*. Adrogué, La Cebra.
- Rodríguez de Fraga, A. (2003) *Educación tecnológica: un estado del arte*. CABA. Novedades educativas.