Educación Química

Reflexión

Ciencias, Tecnologías y Sociedades. La Nueva Escuela Mexicana

Sciences, Technologies, and Societies. The New Mexican School

Alejandra García Franco[1], *José Antonio Chamizo*[2] y *Rosa María Catalá Rodes*[3]

Resumen

A partir de las ideas pioneras de J.D. Bernal se discute el sentido del modelo educativo llamado Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS). Se reconocen las dificultades de su recepción por científicos y docentes de muchos lugares particularmente en la Nueva Escuela Mexicana. Adicionalmente se comparan las ideas de CTS con la de STEM para tratar de identificar hacia dónde se encamina la enseñanza de las ciencias y las tecnologías en sociedades tan diferentes como las que se integran en México y en América Latina.

Palabras clave: química general; educación básica; CTS/CTSA; currículo; filosofía de la química; formación de profesores.

Abstract

Based on the pioneering ideas of J.D. Bernal we discussed the meaning of the educational model called Science, Technology and Society (STS). The difficulties of its reception by scientists and teachers in many places, particularly in the New Mexican School, are recognized. Additionally, the ideas of STS are compared with those of STEM to try to identify where the teaching of science and technology is heading in societies as different as those integrated in Mexico and Latin America.

Keywords: general chemistry; basic education; CTS/CTSA; curriculum; philosophy of chemistry; teacher training.

Cómo citar:
García Franco, A., Chamizo, J. A. y Catalá Rodes, R. M. (2024, septiembre). Ciencias, Tecnologías y Sociedades. La Nueva Escuela Mexicana. *Educación Química*, *35*(Número especial). http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.88942e

[1] Universidad Autónoma Metropolitana. Cuajimalpa, México.
[2] Facultad de Química, UNAM, México.
[3] Colegio Madrid, México.

Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México
Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia de Creative Commons 4.0

Introducción

El curso de los acontecimientos nos plantea, cada vez con mayor insistencia, ciertos problemas sobre la ciencia, como son los siguientes: el empleo apropiado de la ciencia en la sociedad, la militarización de la ciencia, las relaciones de la ciencia con los gobiernos [...] la posición de la ciencia en la educación y en la cultura, en general. ¿Cómo se resuelven estos problemas? Las tentativas que se han hecho para darles soluciones recurriendo a principios aceptados o a verdades evidentes por sí mismas, sólo han servido para producir confusión [...] para que sea consciente [la solución] debe implicar un conocimiento profundo de todas las relaciones existentes entre la ciencia y la sociedad, para lo cual se requiere desde luego conocer la historia de la ciencia y de la sociedad.

John D. Bernal (1972, p.37)

El irlandés John D. Bernal, pionero en la cristalografía de rayos X, alumno de William Henry Bragg, Premio Nobel de Física (1915) por ese mismo tema, es considerado uno de los fundadores de la corriente de estudios de ciencia y tecnología con fuertes connotaciones sociales. Entre sus propios estudiantes hay tres ganadores de otros tantos Premios Nobel de Química (Hodgkin, Klug y Perutz) además de Rosalind Franklin, que con su propia historia caracterizada como "la dama oscura del ADN" o "heroína olvidada", refleja la no neutralidad de las ciencias (Chamizo, 2020).

A diferencia de lo que ocurría en el resto de los laboratorios ingleses, en los de Bernal investigaban mujeres y también a diferencia de los intereses que se ocultaban entre los académicos refinados, él defendió y expuso públicamente sus ideas políticas. Fue un comunista y ateo convencido, cuando aquello era muy "mal visto" entre sus colegas. Fue autor de libros pioneros en los que su discusión sobre la ciencia lo era siempre en la sociedad (Bernal, 1972). La importancia de su legado, tan cuestionado en su propio momento, pero muy apreciado posteriormente en todo el mundo llevó, a partir de 1981, a la *Society for Social Studies of Science* a otorgar el premio J.D. Bernal a varios de los filósofos o historiadores de las ciencias más influyentes, entre los que destacan R.K. Merton, T.S. Kuhn, B. Latour y S. Shapin. Algunas de sus ideas también llegaron a las aulas en 1984, principalmente a través del proyecto británico de la *Association for Science Education* (SATIS, Phillips y Hunt, 1992).

El aislamiento y olvido de John D. Bernal es solo un ejemplo de lo que ocurrió durante la Guerra Fría en la mayoría del mundo intelectual anglosajón. En los Estados Unidos, Inglaterra y muchos de los países que orbitaban a sus alrededores se llevó a cabo una purga que entronizó una filosofía de la ciencia que la consideraba el producto de comunidades de científicos aislados de su entorno social. Esta postura, identificada como "concepción heredada" o simplemente positivista, logró consensos muy grandes en diversos países, entre ellos los nuestros en iberoamérica. De manera muy general, para la "concepción heredada" (positivismo o empirismo lógico) lo importante es que hay un único método (llamado científico) a través del cual se puede obtener conocimiento válido y que es progresivo, además de que las diversas disciplinas científicas se pueden reducir a la física, la ciencia por excelencia.

La idea de una ciencia "pura" es dominante entre muchos de los integrantes de las comunidades científicas latinoamericanas, además de una de las razones del fracaso de poder integrar las prácticas de dichas comunidades con un proyecto socio-cultural propio. Sus orígenes históricos pueden rastrearse - en la filosofía de la ciencia defendida por el llamado Círculo de Viena:

> Dado que ahora sabemos que el empirismo lógico fue originalmente un proyecto con ambiciones culturales y sociales, nos encontramos en el momento oportuno para preguntarnos cómo fue transformada [la *filosofía* de la ciencia] y cómo se perdieron estas ambiciones culturales y sociales. La respuesta que se defiende aquí es que fue transformada durante la década de 1950 al menos parcialmente, si no principalmente, por presiones políticas que eran comunes a lo largo de toda la vida cívica, así como también de la vida intelectual, durante la Guerra Fría que siguió a la Segunda Guerra Mundial. En gran parte, estas presiones llevaron al empirismo lógico a deshacerse de sus compromisos culturales y sociales [...] que de otro modo hubiera sido *filosófico* e independiente. Contribuyó a determinar qué clase de preguntas y temas de investigación eran perseguidos, y cómo eran perseguidos, en el corazón de la *filosofía* de la ciencia (Reish, 2009, p. 27).

En la segunda mitad del siglo pasado, el positivismo fue severamente cuestionado por filósofos, historiadores, sociólogos y también científicos, quienes reconocieron que dicha postura no correspondía a lo que ellos sabían o hacían en su trabajo, es decir en sus diferentes prácticas, entendiendo por práctica la serie de actividades coordinadas y compartidas que se disciplinan mediante normas o procedimientos "correctos" y que tienen una estructura estable con capacidad de reproducirse a través de diferentes procesos de aprendizaje (Martínez y Huang, 2015; Chamizo, 2021). Así, los postpositivistas asumieron una postura que reconoce que no hay una ciencia en singular, sino que hay diferentes ciencias, en plural, con diferentes métodos válidos para obtener conocimiento científico. No es lo mismo, por ejemplo, lo que hace una astrónoma a lo que hace un químico (en su laboratorio o a nivel industrial) o una bióloga molecular. Además, consensuaron que las ciencias progresan discontinuamente y que los científicos que las desarrollan no son ajenos al entorno social en el que están inmersos. Finalmente, identificaron que las diferencias entre las ciencias y las tecnologías (con las que se construyen, entre otros, los instrumentos que utilizan los científicos) no son tan amplias como defendía la "concepción heredada" por lo que se empezó a hablar de tecnociencias (Tala, 2009), reconociendo así que en el desarrollo científico hay intereses explícitos, generalmente políticos y económicos, que conllevan importantes problemas morales. Con sus diversas variaciones también fue robusteciéndose la idea de que la pureza, la verdad, la neutralidad y la objetividad, asociadas con las prácticas científicas singulares, en lugar de ser absoluta, correspondía a una ambición, es decir a una búsqueda que se construía y validaba socialmente.

Como las certezas fueron perdiendo su cuasi-religioso prestigio, aparecieron también mercaderes de verdades y mercaderes de dudas (Oreskes y Conway, 2018). Los primeros, nostálgicos de la "concepción heredada" y también del absoluto (Steiner, 2001) defendían y defienden aún los hábitos intelectuales del rigor académico y sus maneras de validarlos. Los segundos hacen un uso descarado de dicha nostalgia, sostenidos por intereses económicos y políticos. Así, se han dedicado a sembrar dudas "razonables" sobre sus asuntos, es decir el consumo del tabaco, la inexistencia del calentamiento global, los beneficios de consumir bebidas azucaradas, etc. Ambos grupos confundieron y han fallado

en aplicar lo que el físico francés Jean-Marc Lévy-Leblond indicó en el primer número de la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* (2003): *Los científicos debemos comenzar por hacer acto de modestia y reconocer que nuestros saberes son bastante limitados y sus campos de validez estrechamente circunscriptos -es eso, por otra parte, lo que hace su valor y su fuerza.* Con la modestia apareció la Agnotología (Proctor y Schiebinger, 2011; Guillem-Llobat y Nieto Galán, 2020; Chamizo, 2022) disciplina dedicada a investigar las formas de ignorar, es decir a construir ignorancia que remite también, a la ciencia no hecha (undone science) (Hess, 2016) aquella que se evidencia en contextos de desigualdad de poder. Por todo lo anterior hemos titulado el presente texto en plural, ciencias, tecnologías y sociedades, con la intención de superar la posición dominante o Estructura Curricular Paradigmática (van Berkel et. al, 2000; Chamizo, 2013) que, como su nombre lo indica, particularmente a nivel preuniversitario o en los primeros cursos de las universidades, es la que prevalece prácticamente en todo el mundo y que coincide con las certezas y sus nostalgias que ya se indicaron anteriormente.

Como lo ha indicado la historiadora de las ciencias Noemi Oreskes acerca del valor de la interdisciplina plural en las ciencias con su búsqueda de objetividad:

> Cuanto mayor sea la diversidad y la apertura de una comunidad y cuanto más fuertes sean sus protocolos para apoyar el debate libre y abierto, mayor será el grado de objetividad que pueda lograr a medida que los sesgos individuales y las suposiciones de fondo sean "descubiertas", por así decirlo, por la comunidad. Dicho de otra manera: es probable que se maximice la objetividad cuando se tengan vías reconocidas y sólidas para la crítica, como la revisión por pares, cuando la comunidad sea abierta, no se ponga a la defensiva y responda a las críticas, y cuando la comunidad sea lo suficientemente diversa como para que una amplia variedad de puntos de vista pueda desarrollarse, escucharse y considerarse apropiadamente (Oreskes, 2019, p. 52).

En una época como la que estamos viviendo, que ha sido denominada como de la post-verdad (Valladares, 2021b), después de una pandemia, con toda la información al alcance de la mano, haciendo cámaras de eco en las redes sociales, es fundamental poner de nuevo sobre la mesa qué se espera de la educación en ciencias, cuáles son sus aportes, cuál es el papel que juega en la formación de las y los ciudadanos del Siglo XXI. Por ello, es fundamental identificar los aportes del enfoque CTS no solo en el ámbito de la filosofía de la ciencia, sino también en la educación.

El enfoque CTS en la educación

Sin embargo, la ciencia no puede reducirse ni al producto científico (los contenidos) ni al quehacer científico (los procesos, el contexto, las consecuencias). En la educación escolarizada también hay visiones deformadas y empobrecidas de tecnología y de sociedad.
José Luis Córdova (2005, p. 398)

En pocas palabras, la Estructura Curricular Paradigmática es lo que la mayoría de las personas en diversos lugares del mundo, con la educación adecuada, entienden por Biología, Física y Química. En el *Estudio comparativo de la propuesta curricular de ciencias en la educación obligatoria en México y otros países,* concluimos (Reynoso y Chamizo, 2017, p.143):

Hoy en día nadie pone en duda la necesidad de enseñar ciencias como algo imprescindible en la formación básica de todas las personas, aun cuando éstas no se vayan a dedicar profesionalmente a la ciencia o a la tecnología. Sin embargo, la generalización de la enseñanza de las ciencias para todos, propugnada en sentido amplio por el movimiento de la alfabetización científica, obliga a una redefinición y reflexión sobre la *finalidad* de la enseñanza de las ciencias y, consecuentemente, de otros elementos que articulan las propuestas curriculares. De acuerdo con Sanmartí (2002), las decisiones que curricularmente se toman en torno a los *fines* de la enseñanza de las ciencias, no son neutras; responden a las *finalidades* de la educación, de la escuela y de la sociedad.

Sobre esas finalidades, evidentemente diferentes para cada país en un momento específico de su historia, se ha dado una enorme y profunda discusión académica separándolas poco a poco del estricto saber disciplinario y centrándolas en la alfabetización científica, *una vez que con el rápido avance científico y tecnológico que tenemos en el mundo actual, la enseñanza de las ciencias requiere que los estudiantes no sólo adquieran conocimientos disciplinares, sino que también sean capaces de comprender cómo se han obtenido, experimentarlos y aplicarlos de acuerdo con su contexto de vida* (Chamizo y Pérez, 2017, p. 34). Es decir, más allá de las pertinentes precisiones de lo que se entiende en la educación por contexto (Gilbert, 2006), estamos hablando de Ciencia, Tecnología y Sociedad (Tabla 1). El enfoque CTS hizo su aparición formal en el ámbito educativo desde inicios de los años setenta con el artículo publicado por J.J. Gallaguer (1971). Desde entonces el enfoque CTS que incorporó más tarde la A de ambiente, CTSA, ha sido referente para los programas de educación en ciencias en todo el mundo, favoreciendo la transformación de lo que se enseña, y para qué se enseña así como la manera de pensar sobre la ciencia y la tecnología. En México, los estudios CTS fueron impulsados por agencias internacionales, dentro de las que resalta particularmente la cátedra CTS+I de la Organización de Estados Americanos que promovió la formación de docentes, la creación de seminarios y de grupos de trabajo interinstitucionales (Rueda Alvarado, 2005). Además del enfoque CTSA también se han desarrollado enfoques relacionados que comparten muchos de los principios básicos pero que difieren en su historia, en aspectos epistemológicos, ontológicos y axiológicos. Particularmente las cuestiones sociocientíficas y las cuestiones socialmente vivas han ganado espacio en publicaciones educativas y en las propuestas curriculares y educativas de muchos países del mundo (Parga, 2022). En la Tabla 1 se concentran las características de los modelos sobre el contexto en la propuesta CTS, mismos que definen el estilo de aplicación de acuerdo al énfasis que se hace en lo conceptual, la interacción recíproca entre conceptos y aplicaciones o en lo social (Gilbert, 2006).

Modelo 1. A partir de las ciencias. El contexto entendido como la aplicación directa de los conceptos. Un uso común de la palabra contexto es para denotar la aplicación de los conceptos, o las consecuencias de esa aplicación, para ilustrar su uso y significado. En términos prácticos, un plan de estudios basado en este modelo consiste en situaciones o acontecimientos extraídos presuntamente de la vida cotidiana, personal o social de los estudiantes, o de las actividades industriales en las que los conceptos de las ciencias, que se enseñan como abstracciones, se aplican con el fin de que los estudiantes pueden comprenderlos más plenamente.

Tabla 1. Modelos sobre el contexto en el enfoque CTS.

Modelo 2. Dialéctico. El contexto como la reciprocidad entre conceptos y aplicaciones (dialéctico). En este modelo, no sólo se busca relacionar los conceptos con sus aplicaciones, sino que también se asume que estas aplicaciones afectan el significado atribuido a los conceptos. Desde esta perspectiva, el contexto está formado por la yuxtaposición del concepto y su aplicación en la estructura cognitiva de los estudiantes. El significado es creado por la adquisición de los aspectos relevantes de la estructura del conocimiento científico. Este mayor grado de reciprocidad en la relación entre conceptos y aplicaciones está parcialmente inferida en la amplia definición de los contenidos que se utilizan en el movimiento de la ciencia-tecnología-sociedad (CTS). Los contenidos en un plan de estudios de educación científica CTS se componen de la interacción entre la ciencia y la tecnología, o entre la ciencia y la sociedad. Por otro lado, el uso de este modelo refiere a situaciones en las que la sociedad no es un todo homogéneo, como sucede en el caso de los países latinoamericanos en general y de México en particular, por lo que es pertinente incorporar el concepto de interculturalidad.

Modelo 3. A partir de la sociedad. El contexto como las circunstancias sociales. En esta perspectiva, la dimensión social de un contexto es esencial. Un contexto está situado como una entidad cultural en la sociedad. Se relaciona con los temas y las actividades de las personas que se consideran de importancia para su vida y de las comunidades dentro de la sociedad. Un contexto así puede ser, por ejemplo, el desarrollo tecnológico basado en la modificación genética, la investigación científica que se desarrolla en ese campo, y el debate sobre las implicaciones sociales de la tecnología subsiguiente. Otros ejemplos son las novedades relacionadas con el cambio climático global, la comida "saludable" y la obesidad, y la "economía del hidrógeno". Así, este modelo de contexto permite incluir fácilmente la noción de interculturalidad.

Aquí hay que resaltar que, prácticamente desde sus inicios, explicitado como tal o no, el enfoque CTS ha sido un tema importante en *Educación Química* (Chamizo y Garritz, 1993; Talanquer, 2000; Aikenhead, 2005; Córdoba, 2005; Garritz, et al, 2011; Caamaño, 2018; Parga Lozano y Piñeiros Carranza, 2018; Lacolla, 2024) sobre el que se han publicado resultados de diversas experiencias de otros tantos países, como se puede consultar en el número 3 de aniversario del año 2005.

En México, desde la reforma educativa de 1993 se planteó para la educación básica obligatoria un eje denominado CTS. En nivel primaria este eje buscaba el estudio y reflexión de los criterios racionales que deben utilizarse en la selección y uso de la tecnología, así como estimular el interés de las niñas y los niños por las aplicaciones técnicas de la ciencia; en nivel secundaria se planteaban como objetivos, entre otros: reconocer aspectos evidentes de las ciencias en la vida cotidiana; usar la historia de la ciencia para apoyar su enseñanza; discutir fenómenos como lluvia ácida, contaminación del aire, agujero de ozono en la estratosfera; contribuir a dar una imagen positiva de la ciencia y la tecnología; realizar análisis costo/beneficio en relación con algunos procesos y productos químicos (Rueda Alvarado, 2005).

Esta reforma fue recibida con cierta resistencia pasiva por parte de los docentes. Talanquer (2000) reconocía que el enfoque CTS había sido acogido con entusiasmo por parte de los educadores en ciencias y por los responsables del diseño de programas de estudio y libros de texto, pero el pensar y actuar de los docentes de educación primaria no había sido parte de esta transformación. Y como ejemplo de una propuesta de educación media-superior que abrazó en sus inicios ampliamente el enfoque, Valladares (2021a) ha hecho un análisis de los cambios que ha sufrido la asignatura del bachillerato tecnológico: Ciencia, Tecnología, Sociedad y Valores (CTSyV) y muestra cómo al paso de los años ha ido perdiendo los componentes que le permitían hacer un análisis crítico de la ciencia

y la tecnología. Esta situación en la que los entusiasmados docentes poco a poco van recluyéndose en los temas disciplinarios, adoptando un modelo del contexto tipo 1 (Tabla 1), no es exclusiva de México (Catalá *et al* 2021) y si bien, en muchos países el enfoque CTS sigue teniendo un espacio importante en la definición de planes y programas de estudio y en la propuesta de materiales didácticos, también ha perdido terreno frente a otros modelos que se fueron traslapando en la última década del siglo XX (Bencze et al, 2020).

Con el inicio del nuevo siglo y como un factor adicional para restar fuerza a la compleja instrumentación de los distintos enfoques CTSA en los entornos latinoamericanos, la OCDE introdujo con fuerza una visión adicional concertada con gobiernos, sectores educativos y empresariales. El modelo por competencias se introdujo como una solución universal para afrontar los retos "educativos" con que las escuelas prepararían a los ciudadanos informados, aptos, competentes y socialmente responsables del futuro. En esta propuesta la premisa era clara y no daba lugar a interpretaciones:

> Las competencias son fundamentales para permitir el progreso de las personas y de los países en un mundo cada vez más complejo, interconectado y cambiante. Los países en los que las personas desarrollan competencias sólidas, aprenden a lo largo de su vida y usan las competencias de manera plena y eficaz en el trabajo y en la sociedad son más productivos e innovadores y disfrutan de un mayor nivel de confianza, de mejores resultados sanitarios y de más calidad de vida. Las políticas de competencias desempeñan un papel principal en el establecimiento de las vías de desarrollo de los países, ya que, por ejemplo, facilitan la adopción de las nuevas tecnologías y mejoran la cadena de valor añadido. También hacen que los países sean más atractivos para las inversiones extranjeras directas y suelen ayudar a fomentar sociedades más tolerantes y cohesionadas (Gurría, 2019).

La propuesta por competencias, introducida en las reformas educativas de la primera década del siglo no tuvo, como podía esperarse, una buena aceptación entre el colectivo docente a nivel nacional ni internacional, una pérdida transicional de tiempo y sentido, en el que el desgaste por el intento de instruir e implementar el modelo se enfrentaron a la crítica general del sector educativo en toda la región iberoamericana (Guzmán, 2017).

Tras lo que podría considerarse el fracaso de introducción del modelo por competencias, aparecen nuevas propuestas que nuevamente entran como interferencias al modelo CTS, particularmente en países anglosajones y en la que destaca el llamado movimiento STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) que tiende a priorizar el aprendizaje y la enseñanza de las habilidades científicas y los conocimientos fundamentales (Bencze, *et al,* 2020).

La nueva escuela mexicana (NEM)

> *Una de las principales fuentes de dinamismo de una cultura es precisamente el contacto con otras, más aún si dicho contacto se da desde la base del respeto*
> Silvia Schmelkes (2006, p. 122)

Sin una evaluación pública y previa de las reformas desarrolladas por los gobiernos mexicanos a partir de la incorporación de los libros de texto gratuitos en la Educación Básica, lo que ocurrió a partir de 1960, se promulgó en el 2022 (cuando quedaban dos

años a este sexenio) la Nueva Escuela Mexicana que plantea la *formación de una ciudadanía que cuente con conocimientos para resolver un problema determinado o explicar lo que sucede a su alrededor, participe democráticamente, genere y exprese opiniones propias, tome decisiones fundamentadas en asuntos de trascendencia personal y social, y contribuya a la transformación sustentable de la comunidad* (SEP 2023a, p. 59). En voz de uno de sus principales ideólogos, la NEM plantea terminar con el modelo educativo previo caracterizado como: *neoliberal, meritocrático, conductista, punitivo, patriarcal, racista, competencial (sic), eurocéntrico, colonial, inhumano, clasista, enciclopédico, especializado, legitimador de las diferencias…* (Gil Antón, 2024).

Sin duda la revisión exhaustiva de la situación de la educación pública en México, particularmente en la enseñanza de las ciencias, en un país con poca tradición tecnocientífica es larga y compleja[1], pero si se asume su importancia, debería haberse hecho pluralmente y no solo adjetivarla. Como expone A. Candela (2023, p. 17): *en el marco curricular elaborado por la SEP se subsana este diagnóstico de las reformas curriculares previas con la descalificación ideológica de neocapitalistas y, en este sentido, se asume que no tienen nada que aportar*.

El marco curricular (Tabla 2) retoma algunas de las demandas de los movimientos docentes y hace énfasis en la vinculación de la escuela con la comunidad, así como la importancia de considerar seriamente los conocimientos de las comunidades locales para la resolución de problemas relevantes. En un país multicultural como México en donde hay más de 64 lenguas y 365 variantes, donde el conocimiento local / indígena ha sido sistemáticamente minimizado, una propuesta que promueva el diálogo de saberes, que reconozca que es importante establecer diálogos alrededor de temas relevantes era, y es, muy necesaria (García Franco y Lazos Ramírez, 2016).

Si bien, algunas de las orientaciones de la nueva escuela mexicana son consistentes con el enfoque CTS: la interdisciplinariedad, la atención a problemas relevantes para la comunidad, la formación de pensamiento crítico, en muchos de los documentos producidos y que son utilizados por el profesorado como libros de texto no hay una mención explícita de este enfoque para la enseñanza de las ciencias ni a la discusión sobre los modelos del contexto (Tabla 1). Como veremos en el análisis de los materiales, estos se alejan de los presupuestos que declaran en sus propios documentos.

[1] Por ejemplo, ante las trabas burocráticas y sindicales de la Secretaria de Educación Pública en lo relativo a la formación de profesores participamos en la construcción de la Academia Mexicana de profesores de Ciencias Naturales (AMPCN) cuya fundación se realizó en 1993 durante la Segunda Conferencia Internacional de la NSTA en Cocoyoc, con el auspicio de la hoy Academia Mexicana de las Ciencias, la Fundación SNTE, la UNAM (particularmente la Facultad de Química), la UPN, personal de la misma SEP y del Colegio Madrid. Ajena a las instituciones que ayudaron a su establecimiento, la AMPCN integrada horizontalmente por profesores de educación básica, media y media superior, se comprometió a:

- promover el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias naturales y las tecnologías;
- agrupar a los profesores e investigadores interesados en la educación y difusión de las ciencias naturales y las tecnologías;
- propiciar la actualización y desarrollo profesional permanente de los maestros de las diferentes disciplinas de las ciencias naturales y las tecnologías;
- estimular la participación de los docentes en la elaboración de propuestas didácticas y pedagógicas a fin de mejorar los métodos y técnicas de la enseñanza de las ciencias naturales y las tecnologías en México (AMPCN,1993).

Su primera Conferencia Nacional se llevó a cabo en Queretaro, en 1994 y la IX Nacional, IV Internacional y última en 2014. Durante sus 20 años de vida la AMPCN reunió a miles de profesores de prácticamente todo el país que cada dos años acudían a aprender, y compartir sus experiencias por el gusto de hacerlo (Hernández y Rueda, 2020).

A. *En este nuevo modelo educativo, es fundamental promover el pensamiento científico. No se trata solo de memorizar información, sino de* ***comprender y aplicar los métodos y principios científicos en diferentes contextos****. Al fomentar el pensamiento científico, se busca* ***desarrollar habilidades como el razonamiento lógico, la resolución de problemas y la creatividad****, que son esenciales en el mundo actual.*

B. *La Nueva Escuela Mexicana reconoce la importancia de la enseñanza de las ciencias en el nuevo modelo educativo. A través de la enseñanza de las ciencias, los estudiantes* ***adquieren conocimientos y habilidades que les permiten comprender y analizar el mundo que les rodea****. En lugar de basarse* únicamente *en la transmisión de conocimientos teóricos, el nuevo enfoque se centra en* ***aprender a través de la práctica y la experimentación****. Se promueve la participación activa de los estudiantes en la* ***resolución de problemas científicos*** *y se fomenta el* ***uso del método científico*** *en todas las etapas del aprendizaje.*

C. *Una de las principales metas de la Nueva Escuela Mexicana es* ***fomentar el pensamiento crítico*** *en los estudiantes. Para lograr esto, se utilizan diferentes estrategias y métodos de enseñanza que estimulan la reflexión y el análisis. En lugar de limitarse a la mera transmisión de información, se promueve el diálogo y la discusión en el aula. Los estudiantes son alentados a cuestionar, analizar y evaluar diferentes perspectivas y puntos de vista. Además, se les brinda la oportunidad de* ***resolver problemas complejos y aplicar su aprendizaje en situaciones reales****. El objetivo es desarrollar habilidades de pensamiento crítico, como la capacidad de analizar información, evaluar argumentos y tomar decisiones fundamentadas. Estas habilidades son fundamentales en la vida diaria y también son esenciales en el ámbito profesional.*

D. *Fomento del interés por la ciencia y la tecnología. La Nueva Escuela Mexicana y el enfoque en el pensamiento científico fomentan el* ***interés de los estudiantes por la ciencia y la tecnología****. Al utilizar métodos de enseñanza más prácticos y dinámicos, se despierta la curiosidad y la pasión por explorar y comprender el mundo. Esto puede abrir puertas a futuras carreras en STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).*

Tabla 2. Algunas de las características de la Nueva Escuela Mexicana (NEM, 2024).

Un breve análisis de los materiales

En un momento en el que coexisten distintas visiones y modelos sobre la educación en ciencias, así como niveles inequitativos de avance y aplicación de la reforma propuesta en diferentes contextos educativos del país, cobra particular sentido reflexionar sobre el planteamiento de la Nueva Escuela Mexicana, y la manera en la que considera la enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales.

Pedretti y Nasir publicaron en 2011 una revisión de las distintas corrientes que se presentan en CTS. Reconociendo la complejidad de estas definiciones proponen el uso de una tipología específica (Tabla 3) como una herramienta heurística que permite distinguir algunas características centrales de las distintas aproximaciones CTSA. Describimos muy brevemente las seis corrientes para analizar algunos de los materiales que han sido publicados por la SEP y que están siendo utilizados en las aulas de todo el país.

Aplicación / Diseño
Enfatiza la relación entre la ciencia y la tecnología. Se centra en la resolución de problemas prácticos a través del diseño o adaptación de tecnología. El centro está en la transmisión del conocimiento disciplinario y el desarrollo de habilidades técnicas y de indagación. Las aproximaciones dominantes promueven el desarrollo de habilidades cognitivas con trabajo creativo, pragmático y experiencial.
Histórica
Se enfoca en que los estudiantes comprendan el carácter histórico y sociocultural de la práctica y las ideas científicas. Las aproximaciones dominantes tienden a tener componentes afectivos, creativos y reflexivos pues promueven la ciencia como una tarea interesante, emocionante y necesaria.
Razonamiento lógico
Aunque hay una diversidad de aproximaciones en esta corriente, el principio fundamental es que cualquier tema sociocientífico puede manejarse a través de considerar la ciencia detrás del tema y el razonamiento lógico sobre sus consecuencias. Esta corriente promueve una responsabilidad cívica y ciudadana a través del intercambio de ideas. De esta forma, las aproximaciones dominantes son cognitivas y reflexivas.
Centrada en los valores
Esta corriente busca la reflexión específica de la ciencia como una actividad con una carga valorar importante. Se enfoca en mejorar la comprensión de los estudiantes y su toma de decisiones a través de una consideración explícita del razonamiento moral y ético. El objetivo principal de la educación en ciencias es la promoción de la ciudadanía y la responsabilidad cívica, pero con énfasis en los aspectos morales y emocionales. Las aproximaciones dominantes son afectivas, morales, lógicas y críticas.
Sociocultural
Esta corriente enfatiza la idea de que la ciencia es solo una forma de conocer. Intenta mejorar la comprensión de la ciencia y la tecnología dentro de un contexto sociocultural más amplio, en el que hay otras formas de conocimiento con las que algunas veces interactúa y otras veces coexiste de manera colateral. El objetivo principal es construir una apreciación por la ciencia como un logro cultural e intelectual y un recurso que todas las personas pueden utilizar y al que todas pueden contribuir pero que no es necesariamente una forma superior de conocimiento. Los enfoques dominantes son holísticos, reflexivos, experienciales y afectivo. Las actividades buscan mostrar que hay distintas perspectivas sobre los fenómenos físicos que se derivan de distintos sistemas de conocimiento. La mayoría del trabajo en esta corriente se origina de académicos que trabajan en contextos multiculturales e indígenas.
Socioecojusticia
El objetivo de esta corriente es promover cierto tipo de ciudadanía y responsabilidad cívica en las que son centrales la agencia, la emancipación y la transformación. Se diseñan actividades para apelar al sentido de justicia y motivar a los estudiantes a pensar críticamente y a resolver problemas CTS.

Tabla 3. Corrientes de las aproximaciones CTS en el ámbito educativo.

- Utilizaremos la estrategia heurística propuesta por Pedretti y Nazir (usada por Valladares, 2021) para analizar algunos de los documentos de la Nueva Escuela Mexicana. Miraremos particularmente los documentos para sexto grado en los que se encuentran materiales para el campo: saberes y pensamiento científico.

- *Un libro sin recetas para la maestra y el maestro (SEP, 2023a)*

- *Libro de proyectos de aula (SEP, 2023b)*

- *Libro de proyectos comunitarios (SEP, 2023c)*

- *Libro de proyectos escolares*

- Nuestros saberes. Libro para alumnos, maestros y *familia*

Todos los materiales pueden encontrarse en: https://libros.conaliteg.gob.mx/primaria.html

Un libro sin recetas

En el libro sin recetas Fase 3 en el apartado 'Aprendizaje basado en indagación. Bajo enfoque STEAM' se ofrece una visión sobre ciencia y tecnología (página 78).

- La ciencia es desarrollar interés y comprensión del mundo vivo, material y físico, y desarrollar las habilidades de colaboración, investigación experimental, investigación crítica, exploración y descubrimiento.

- La ingeniería es el método de aplicar el conocimiento científico y matemático a la actividad humana.

- La tecnología es lo que se produce a través de la aplicación del conocimiento científico para la solución de una necesidad.

Este tipo de concepciones sobre la ciencia y la tecnología están más cercanas a la visión heredada / positivista de acuerdo con la que la tecnología es una aplicación de la ciencia, el conocimiento y la actividad científica no tienen relación con la sociedad y no tienen una carga valoral.

Las características de la NEM presentadas en la Tabla 2 están cercanas a las corrientes de aplicación / diseño y de razonamiento lógico de Pedretti y Nazir y al modelo 1 del contexto de acuerdo con Gilbert (2006), una ciencia que resuelve problemas y que tiene un método que puede aplicarse a una diversidad de situaciones.

La reflexión sobre la construcción del conocimiento científico, la discusión deliberada sobre las contribuciones de la ciencia, pero también sobre sus riesgos está ausente de la propuesta curricular en todo caso más alineado con una propuesta STEM en la que se promueve la formación de pensamiento científico sin una mirada crítica sobre lo que este implica. De acuerdo con Candela (2023, p.22): *Sin un enfoque constructivista, reflexivo e histórico no es posible desarrollar un pensamiento científico, basado en la búsqueda y construcción de explicaciones y en la comprobación de las ideas.*

Proyectos de aula

En el libro de proyectos de aula de 6to grado se proponen algunos proyectos relacionados con sexualidad y alimentación.

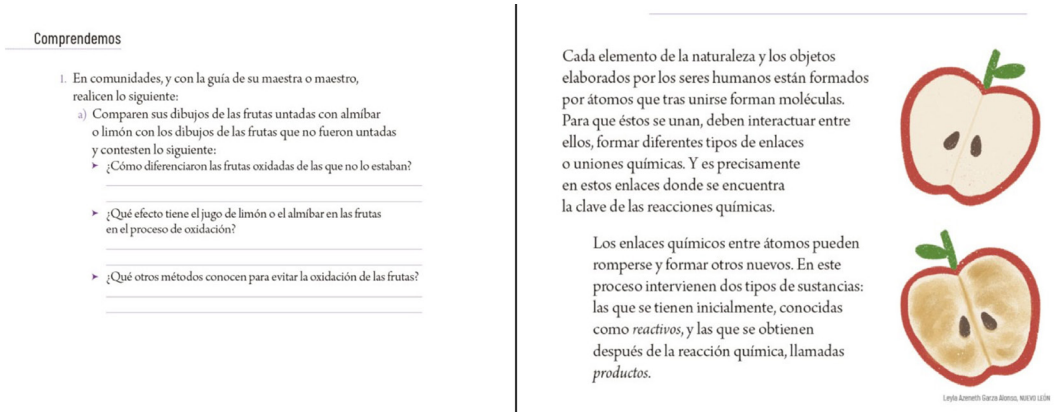
Para el proyecto denominado 'El poder de la alimentación' se propone a los estudiantes comenzar revisando lo que un grupo de estudiantes consume en un convivio. A partir de este inicio se proponen actividades relacionadas con el análisis de las etiquetas de alimentos ultraprocesados, el análisis de las costumbres alimenticias de su comunidad y, finalmente, hacen una calculadora para determinar el IMC.

De acuerdo con la tipología de Pedretti y Nazir (2011), este tipo de materiales estarían en la corriente del razonamiento lógico de acuerdo con la que la comprensión de la ciencia relacionada con algún asunto promueve que los estudiantes tomen decisiones más informadas, en este caso, sobre el tipo de alimentos que consumen.

El tema de la alimentación ha sido muy investigado desde la perspectiva CTS (Bahamonde, García Franco, Gómez Galindo, en prensa). Dado el planteamiento sociocultural de esta reforma, sería interesante que temas como la alimentación fuesen tratados desde una perspectiva intercultural, que cuestionara y mirara el fenómeno de la alimentación más allá del razonamiento lógico.

Proyectos escolares

En el libro de proyectos escolares se plantea un proyecto para explorar sobre la oxidación de las frutas, se propone al estudiantado usar limón y almíbar para proteger las frutas y compararlas después de un tiempo. Al terminar el proyecto se plantea (Figura 1):



Comprendemos

1. En comunidades, y con la guía de su maestra o maestro, realicen lo siguiente:
   a) Comparen sus dibujos de las frutas untadas con almíbar o limón con los dibujos de las frutas que no fueron untadas y contesten lo siguiente:
   - ¿Cómo diferenciaron las frutas oxidadas de las que no lo estaban?
   - ¿Qué efecto tiene el jugo de limón o el almíbar en las frutas en el proceso de oxidación?
   - ¿Qué otros métodos conocen para evitar la oxidación de las frutas?

Cada elemento de la naturaleza y los objetos elaborados por los seres humanos están formados por átomos que tras unirse forman moléculas. Para que éstos se unan, deben interactuar entre ellos, formar diferentes tipos de enlaces o uniones químicas. Y es precisamente en estos enlaces donde se encuentra la clave de las reacciones químicas.

Los enlaces químicos entre átomos pueden romperse y formar otros nuevos. En este proceso intervienen dos tipos de sustancias: las que se tienen inicialmente, conocidas como *reactivos*, y las que se obtienen después de la reacción química, llamadas *productos*.

Figura 1. Explicación ofrecida al término del proyecto 'Si se oxida o se quema hay oxígeno' Proyectos Escolares. (SEP, 2023d, p.125).

En este proyecto puede verse una clara intención de relacionar la ciencia con la vida cotidiana de los estudiantes, de acercar los conocimientos científicos (reacciones químicas, enlaces, átomos, moléculas, etc.) para explicar fenómenos comunes.

Dado que es una actividad en la que los estudiantes experimentan con fenómenos y materiales comunes, y en la que plantean observaciones, análisis de la evidencia experimental podría situarse dentro de la corriente aplicación/diseño propuesta por Pedretti y Nazir (2011). Aunque en este caso los estudiantes no son quienes proponen el problema o diseñan la solución, sino la ejecutan. El propósito de este tipo de actividades estaría en el sentido práctico / utilitario de la educación científica.

Sin embargo, también podría considerarse que las explicaciones tienen un sentido más transmisivo, en el que se espera que los estudiantes adquieran el contenido científico sin haber tenido oportunidades para establecer relaciones entre los fenómenos macroscópicos que pueden observarse con las explicaciones construidas a partir de los modelos de la química (enlaces, átomos, reacción química).

Esto resulta en la presentación de contenido que no tiene sentido para el estudiantado.¿cómo entender…*cada elemento de la naturaleza y los objetos formados por los seres humanos están formados por átomos que tras unirse forman moléculas?* Como se ha demostrado desde hace muchos años no se entiende, es un dogma. Por otro lado, no son los estudiantes quienes construyen la explicación a partir de determinadas ideas, sino quienes leen la explicación. La construcción del pensamiento científico requiere desarrollar habilidades para construir explicaciones a partir de evidencias empíricas, tener espacios para confrontar las ideas y tener acceso a fuentes de información. La manera en la que los proyectos están planteados no da espacio para ello.

Nuestros saberes

En el libro de nuestros saberes es posible encontrar descripciones breves de conceptos que se trabajan en los distintos libros de proyectos. En la Figura 2 pueden verse dos páginas de proyecto anterior. En este tratamiento de los conceptos se aprecia cierta intencionalidad de plantear problemas y temas que puedan ser relevantes para los estudiantes y sus familias, lo cual podría ubicarse en un nivel muy básico de la corriente diseño / aplicación. Sin embargo, cabría preguntarse cuál es el sentido de incluir conceptos como átomos, moléculas, electrones y reacciones redox en el currículum de sexto de primaria. Desde hace muchos años se ha investigado sobre los conceptos previos de los niños y jóvenes alrededor de estos temas, que no son accesibles directamente y que son compartidos por muchos de ellos en prácticamente todo el mundo, proponiendo posibles soluciones a su aprendizaje (Chamizo, 1996; Taber, 2002; Kind, 2004; García Franco y Taber, 2010; Chamizo y Garritz, 2014). Lamentablemente, todas estas investigaciones se han ignorado en la propuesta de la Nueva Escuela Mexicana.

El trabajo experimental

Otro aspecto a resaltar en relación con las formas de enseñanza, es la fuerte presencia que el trabajo experimental tiene en las propuestas curriculares. De manera general, las propuestas han asumido el experimento como algo que es intrínseco a la enseñanza de las ciencias y que permite distinguirlas de otras áreas de conocimiento.

Sin embargo, cuando en la retórica pedagógica se alude al trabajo experimental, ésta tiende a enfatizar visiones tradicionales del experimento, desde las cuales se comprueban, validan o refutan los conceptos científicos, más que vislumbrarse como una oportunidad para despertar la inquietud e interés de los estudiantes. El trabajo experimental que se propone en el currículo de ciencias, principalmente en la educación básica y media superior, presenta un marcado énfasis en actividades que podrían pensarse como experimentos en el sentido amplio del concepto; empero, no cumplen con ello, debido a que enfatizan acciones manipulativas que pocas veces son acompañadas por procesos de reflexión y, mucho menos, por la planeación del trabajo experimental (Reynoso y Chamizo, 2017, p. 151).

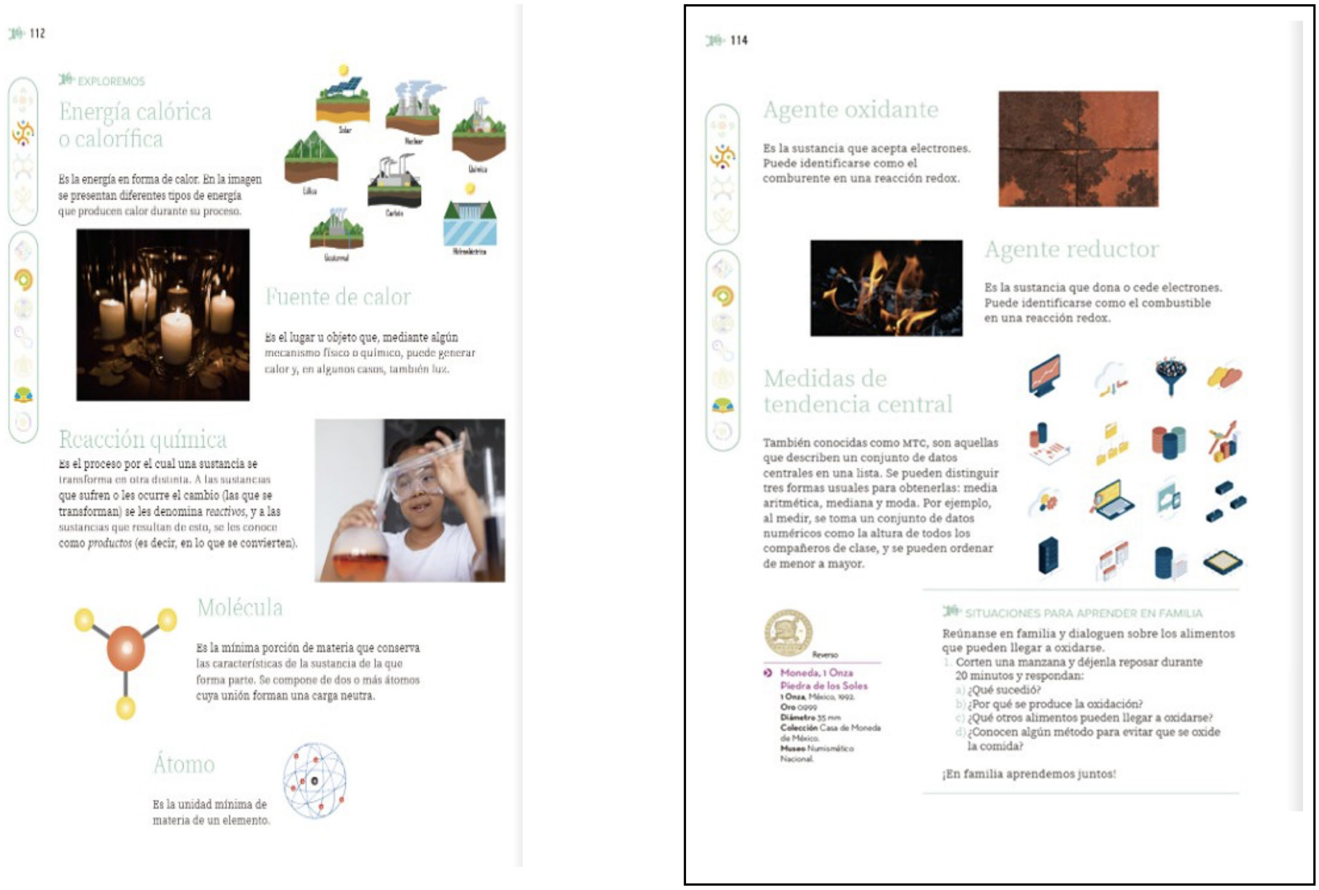


Figura. 2. Imágenes del libro 'Nuestros saberes' (2023e, p. 112 y 114).

La adaptación del currículo y la formación docente

De acuerdo con Díaz Barriga (2023, p. 9) el plan de estudios es una propuesta que los docentes adaptan a sus propios contextos y escuelas por lo que *es un modelo curricular concebido de arriba hacia abajo, pero también concebido para ser trabajado de abajo hacia arriba*. La práctica educativa cotidiana es una combinación de diversas tradiciones y propuestas educativas que los docentes articulan según su formación, experiencia, conocimientos y condiciones de trabajo, así como de las necesidades de sus alumnos y del contexto en general (Candela, 2023).

Si bien esta reforma plantea un aumento en la autonomía docente y en la autonomía de cada centro educativo para responder a las condiciones de sus comunidades sería importante no dejar de lado orientaciones sobre lo que sabemos sobre la construcción de la ciencia y la tecnología, y sobre los procesos de aprendizaje. Incorporar una perspectiva CTS más cercana a las corrientes sociocultural o de ecojusticia social sería más consistente con lo que se propone en la orientación general de la reforma de acuerdo con las que la educación debe ser un medio para que las personas y sus comunidades desarrollen los conocimientos y habilidades necesarias para transformar el mundo en el que viven desde una perspectiva de derechos humanos, decolonialidad, justicia social y justicia epistémica.

Una de las escasas investigaciones sobre el libro de texto gratuito de ciencias naturales de sexto año de primaria a partir de cartas que escribieron alumnos de todo el país a la

Secretaría de Educación Pública. La mayor parte de los corresponsales hacen referencias explícitas sobre el libro de texto en cuestión, y cerca de 35% realizó una evaluación general de éste. La opinión de 97% de ellos es positiva, lo cual puede ser tomado como un logro del libro mismo, pero también como un síntoma, entre muchos otros, respecto de los aciertos probables de la SEP en cuanto a la renovación de los programas, los materiales y los métodos educativos de la educación básica, en particular en la enseñanza de la ciencia (Quintanilla y Lartigue, 2007).

Los libros y los materiales que se producen para los miles de alumnas y alumnos, maestras y maestros en este país son, en muchas ocasiones, los únicos materiales disponibles en sus hogares.

CTS y STEM: dos movimientos complementarios (o no) en la instrumentación de la NEM

Como ya se ha visto anteriormente, una de las inconsistencias más notables de las características de la Nueva Escuela Mexicana es la que expone al movimiento y metodología STEM (o STEAM) como fuente procedimental para profesores y para la comunidad de familias y estudiantes en general. Esta decisión o postura de las autoridades educativas contrasta con la crítica a la visión neoliberal que ha manifestado explícita e indiscriminadamente sobre las reformas y modelos de enseñanza de las ciencias y la tecnología en las últimas décadas, reduciéndolas a poco menos que irrelevantes. Si la filosofía de la NEM que, entendida desde otras de sus características es más cercana al enfoque CTS, no queda claro cómo otro modelo más cercano a intereses de corte productivo y macroeconómico pueda ser el instrumento para lograrlo.

En ese sentido, y sin intención de hacer un análisis exhaustivo, es pertinente presentar un cuadro comparativo de la naturaleza objetivos, características, líneas de trabajo y propuestas didácticas de ambas corrientes, así como el papel del docente y alumnos con el fin de evaluar si existe vinculación entre ambos, si hay originalidad real en la propuesta STEM y las dificultades de implementación, todas necesarias en el ejercicio de la autonomía docente y la toma de decisiones para el diseño instruccional en el aula, Tabla 3, (Perales-Palacios y Aguilera, 2020).

CARACTERÍSTICAS	CTSA	STEM
Naturaleza	Humanística/Centrada en controversias socio-científicas.	Política económico-productiva/ Centrada en desarrollo de competencias.
Objetivos	Facultar a los ciudadanos para que comprendan las ideas principales de la Ciencia, la Ciencia Ambiental y la Tecnología para que tomen decisiones informadas sobre temas sociales relacionados a través de la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento crítico y valores de la participación ciudadana.	Facultar a los ciudadanos para que entiendan los avances y/o aportes sociales impulsados por las disciplinas STEM, que manifiesten interés por estas disciplinas y se consiga una alfabetización productiva en áreas de las Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas. • .
Currículo	Centrado en cuestiones sociales y/o culturales de índole tecno-científica.	Centrado en generar una identidad STEM en el alumnado.
Metodología	Enfatiza la adaptación humana y futuros alternativos. La información está en el contexto del estudiante como persona en un entorno cultural/social. Atiende a las dimensiones de valor, ética y moral de los problemas.	Destaca la repercusión social de las disciplinas STEM. La información está en los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) de las disciplinas STEM.
Proceso E-A	Se elaboran modelos explicativos de los hechos y los procesos. Con ello se resuelven problemas sociales, se desarrolla el pensamiento crítico y se comparten valores de participación ciudadana.	Se elaboran prototipos que responden y resuelven problemáticas puntuales. Atiende a la capacidad de transferir conocimiento a contextos diferentes.
Orientaciones al profesorado y papel del alumnado.	Considera sus propias creencias y valores relacionados con los problemas sociales y el impacto que estos tienen en la enseñanza. Desarrolla un marco flexible para el aprendizaje y establece preguntas amplias para guiar el aprendizaje de los alumnos, quienes cobran mayor independencia a lo largo del proceso.	Selecciona o diseña situaciones problemáticas reales y considera los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) de las disciplinas STEM útiles para su resolución. Otorga al alumnado un rol protagonista durante el proceso de E-A desde el inicio del proceso.

Tabla 3. Características distintivas de CTSA y STEM.

De la tabla podemos identificar más claramente la aparente inconsistencia que hay entre las aspiraciones de la NEM cercana a los tipos de aproximaciones CTS de corte socio-ecológico de justicia y valor cultural de los saberes y necesidades de las comunidades que contrastan con la propuesta metodológica de tipo STEM, más cercana al modelo de competencias de la década de los años 2000 y cuyo principal interés es fomentar la formación

de profesionales de dichas áreas para la productividad y el crecimiento económico basado en la competitividad industrial. Dicho sector apoya el desarrollo de dicho movimiento en México y la región a través de recursos y eventos como concursos, talleres, etc. Como se indica en la presentación de dicho documento, el Consejo Coordinador Empresarial expresa un total apoyo al fomento de este modelo de enseñanza:

> *En este documento la Iniciativa Privada, a través de sus Cámaras Empresariales, en colaboración con organizaciones de la sociedad civil que se dedican a impulsar la educación en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), reconocen la importancia de generar una cultura que favorezca la transición exitosa de México a la Cuarta Revolución Industrial, que se caracteriza por la automatización, la analítica, la robótica, la colaboración social y la convergencia de las esferas física, digital y biológica y que, consecuentemente transformará todos los sistemas de la sociedad en la que vivimos.* (Castañón, 2019).

A pesar de la contradicción en los móviles de los orígenes y objetivos de ambas corrientes, los movimientos CTS y STEM no se contraponen en algunas otras de sus características, particularmente en los procesos de enseñanza, en el papel de los profesores y por tanto en la importancia que dan a su formación previa a la aplicación en el aula de lecciones o secuencias. Ambos, desde su particular perspectiva, filias y modos de aplicación, han buscado desde hace ya varias décadas en el caso CTS y poco menos para STEM, la promoción de modelos para indagar mejor la realidad, la valoración del trabajo colaborativo y del pensamiento crítico, entre otras. Ambos movimientos favorecen también el conocimiento del entorno, la búsqueda de soluciones y la toma de mejores decisiones para las comunidades. Aquellos que hemos aplicado los preceptos de ambos movimientos en el aula a lo largo de nuestro desarrollo profesional, podemos constatar sin temor a equivocarnos que ambos incluyen y dan preponderancia a la actividad experimental para el desarrollo de modelos explicativos de la realidad (CTS) y el uso de estrategias y equipo para la realización de prototipos que intentan dar solución a problemas técnicos o tecnológicos específicos (STEM); habilidades ambas muy importantes para lograr una mejor enseñanza de las disciplinas científicas en cualquier nivel educativo.

Reflexiones finales

> *En nuestras distintas obras consagradas al espíritu científico, hemos tratado varias veces de llamar la atención de los* filósofos *sobre el carácter decididamente específico del pensamiento y del trabajo de la ciencia moderna. Siempre nos pareció más y más evidente, en el curso de nuestros estudios, que el espíritu científico contemporáneo no podía situarse a continuación del simple buen sentido; que ese nuevo espíritu científico representaba un juego más arriesgado, que formulaba tesis que en una primera aproximación pueden herir el sentido común. Creemos, en efecto, que el progreso científico manifiesta siempre una ruptura, perpetuas rupturas, entre conocimiento común y conocimiento científico, a partir del momento en que se aborda una ciencia evolucionada, una ciencia que, por el hecho mismo de esas rupturas, lleva la marca de la modernidad.*
>
> Gaston Bachelard (1976, p.320)

De acuerdo con Valladares (2021b), el enfoque CTS podría ser relevante para conseguir desarrollar la agencia epistémica, tan fundamental en la era de la post-verdad. CTS podría inspirar a enseñar ciencias como la práctica científica que son. Enseñar ciencias recuperando las contribuciones desarrolladas por el movimiento CTS, un campo interdisciplinario que ha dedicado muchos esfuerzos a analizar la práctica científica y a pensar formas de enseñarla. "CTS ha desarrollado herramientas analíticas y prácticas para comprender las formas en las que la ciencia y la tecnología son co-producidas con las personas, sus subjetividades y sus sociedades; también ha contribuido con una comprensión amplia del trabajo involucrado en la producción y diseminación de los hechos científicos y cómo el conocimiento científico sirve a ciertos intereses, agendas y actores institucionales" (Valladares, 2021b, p.1324).

Los presupuestos de esta reforma educativa, de acuerdo con la que todo lo anterior debe ser eliminado, podrían considerar las contribuciones de la investigación y la didáctica en el campo de la educación en ciencias. Tanta es la insistencia de los planteamientos de la Nueva Escuela Mexicana por alejarse de los planteamientos neoliberales y coloniales de las reformas anteriores que lo que ha ocurrido es que, como dice Candela (2023, p. 17): *se ha tirado al niño con la bañera*. La Química es y ha sido la ciencia experimental por excelencia. Disminuir su presencia, específicamente alrededor del trabajo experimental, conllevará a los alumnos, en lugar de desarrollar pensamiento crítico y formar sujetos solidarios con su comunidad y responsables de la naturaleza, a repetir sin poder someter a prueba, dogmas tomados de las plataformas sociales. Sus libros poco ayudan, Figura 3.

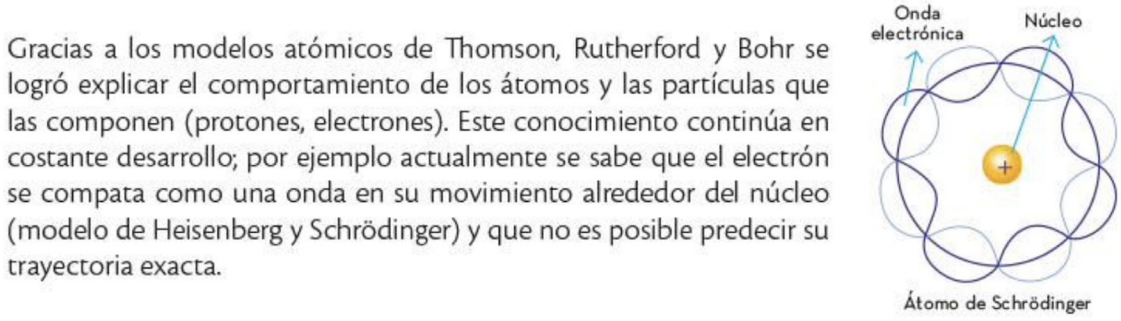

Gracias a los modelos atómicos de Thomson, Rutherford y Bohr se logró explicar el comportamiento de los átomos y las partículas que las componen (protones, electrones). Este conocimiento continúa en costante desarrollo; por ejemplo actualmente se sabe que el electrón se compata como una onda en su movimiento alrededor del núcleo (modelo de Heisenberg y Schrödinger) y que no es posible predecir su trayectoria exacta.

Figura 3. Página 203 del libro *Saberes y pensamiento científico. Segundo grado*...¡sin comentarios!

Si se busca que la ciencia entable diálogos con otras fuentes de conocimiento, como los saberes tradicionales es preciso reconocer cuáles son las formas de construcción del conocimiento científico, cómo se valida, cuáles son sus ámbitos de validez. De otra forma se corre el riesgo de 'creer' en los conocimientos científicos. Se vuelve un acto de fe. La misma que profesaban, y aún todavía muchos lo hacen, los científicos con la "concepción heredada" de la ciencia. Se cancela la pluralidad.

Como educadores, es fundamental que enseñemos a los estudiantes no solo ciencia y tecnología, o en todo caso, a hacer ciencia y tecnología (como se promueve desde el enfoque STEM). También es fundamental enseñar sobre las ciencias, las tecnologías y las sociedades. Cómo se construye el conocimiento científico, cómo se valida, quiénes están involucrados en su construcción. Reconocer estas condiciones de producción del conocimiento, reflexionar sobre los alcances y limitaciones es importante para poder establecer diálogos con los conocimientos comunitarios y con otros saberes. En ese sentido nos parece fundamental este llamado a traer de nuevo el enfoque CTS, discutirlo con los docentes, y considerarlo para proponer qué ciencias y qué tecnologías queremos enseñar para estas sociedades en las que vivimos.

Referencias

Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una buena idea como quiera que se llame, *Educación Química*, 16, 304-314. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.2.66121

Bachelard G. (1976). *El Materialismo Racional.* Buenos Aires:Paidós.

Bahamonde, N., García Franco, A., y Gómez Galindo, A.A. (en prensa). Human Food Education: multidimensional, complex and situated perspective. En I. Martins, S. Cordero, & S. Selles. *Health Education. Latinamerican views and voices*. Springer.

Bernal J.D. (1972). *La ciencia en la historia.* México: UNAM.

Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L Simonneaux, J., Zeidler, D. (2020).

SAQ, SSI and STSE education: defending and extending "science-in-context" *Cultural Studies of Science Education,* 15, 825–851. https://link.springer.com/article/10.1007/s11422-019-09962-7

Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad, *Educación Química*, 29, 21-54. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686

Catalá, R. M., Chamizo, J. A. y García-Franco, A. (2021). El impacto del trabajo de Mario Molina en los programas y materiales educativos de educación media y media superior en México. *Educación Química,* 32(número especial), 73-98. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.4.80334

Castañón. Introducción a documento Visión STEM para México. (2019). https://www.movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/01/Vision-STEM-para-Me xico.pdf

Chamizo, J.A. (2022). La dosis es el veneno, *Educación Química,* 33, 70-84. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.4.83536

Chamizo, J.A. (2021). La química como un sistema de prácticas. Una alternativa para su enseñanza, *Educación Química EduQ,* 29, 12-18. https://revistes.iec.cat/index.php/EduQ/article/view/150094

Chamizo, J.A. (2020). La no neutralidad de la química vista desde la historia, *Educación Química*, 31, 156-166. http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.4.76580

Chamizo, J.A. y Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales, *Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação*, 74, 1, 23-40. https://doi.org/10.35362/rie741624

Chamizo, J.A. y Garritz, A. (2014). Historical teaching of Atomic and Molecular Structure, en Michael R. Matthews (ed) *International Handbook of Research in History and Philosophy of Science Teaching*, Dordrecht: Springer.

Chamizo, J.A. (2013). *De la paradoja a la metáfora. La enseñanza de la química a partir de sus modelos*. México: Siglo XXI-FQ-UNAM.

Chamizo, J.A. (1996). Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño, *Educación Química,* 7, 7-12. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1996.1.66680

Chamizo, J.A. y Garritz, A. (1993). La enseñanza de la Química en la Secundaria.

Contenidos propuestos de los programas de química de la secundaria y recomendaciones para los textos, *Educación Química*, 4, 134-138. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1993.3.66810

Candela, A. (2023). Saberes y pensamiento científico en el plan de estudio 2022. *Perfiles Educativos*, XLV (180), 16-25. Suplemento 2023. Del marco curricular al plan de estudio 2022. Voces, controversias y debates

CONALITEG (2024). www.conaliteg.sep.gob.mx/2023/P6SDA.htm?#page/1 Consultado el 17/04/2024.

Córdova, J.L. (2005). La enseñanza de las ciencias: Alfabetización científica o ciencia para futuros científicos, *Educación Química*, 16, 398-403. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.3.66102

Díaz Barriga, A. (2023). Recuperar la pedagogía. El plan de estudio 2022. *Perfiles Educativos*, XLV (180), 6-15. Suplemento 2023. Del marco curricular al plan de estudio 2022. Voces, controversias y debates.

Gallagher, J. J. (1971). A broader base for science teaching. *Science Education,* 55(3), 329 – 338. https://doi.org/10.1002/sce.3730550312

García Franco, A. y Taber, K. (2010) Pensamiento intuitivo y aprendizaje de la Química. *Educación Química*, 21 (2), 111-117. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30160-5

García Franco, A. y Lazos Ramírez (2016). Diseño de materiales para la educación científica intercultural: el cultivo de la milpa en México como ejemplo para el diálogo. *Revista Brasileira de Pesquisa en Educação em Ciências*, 16, 851-870. https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4562

Garritz, A., Rueda, C., Robles, C., Vázquez-Alonso, A. (2011). Actitudes sobre la naturaleza de la ciencia y tecnología en profesores y estudiantes mexicanos del bachillerato y la universidad públicos, *Educación Química*, 22 141-154. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30120-4

Gil Antón, M. (2024) La Nueva Escuela Mexicana: Una Propuesta Radical, *El Universal,* 16 de marzo. https://www.eluniversal.com.mx/opinion/manuel-gil-anton/la-nueva-escuela-mexicana-una-propuesta-radical/

Gilbert, J. (2006). On the nature of "context" in Chemical Education, *International Journal of Science Education*, 28, 957-976. https://doi.org/10.1080/09500690600702470

Guillem-Llobat, X y Nieto Galán, A. (eds) (2020). Tóxicos invisibles. La construcción de la ignorancia ambiental. Ulzama: Icaria.

Gurría, A. (2019) Prólogo. *Estrategia de competencias de la OCDE 2019. Competencias para construir un futuro mejor*. https://doi.org/10.1787/e3527cfb-es

Guzmán, F. (2017) Problemática general de la educación por competencias, *Revista Iberoamericana de Educación*, 74, 107-120. https://doi.org/10.35362/rie740610

Hernández, G. y Rueda, C. (2020). La dimensión CTS en la educación en México: relato de dos experiencias enriquecedoras, *Boletim da AIA-CTS -Boletín de la AIA-CTS,* 12, 114-119.

Hess, D. (2016). Undone Science: Social Movements, Mobilized Publics, and Industrial Transitions, Cambridge: The MIT Press.

Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química,* México: Santillana-FQ-UNAM.

Lacolla, L. (2024). Enseñanza de las Ciencias en contexto. Reflexiones y ejemplos de Enseñanza de Química con enfoque Química-Tecnología-Sociedad (QTS), *Educación Química*, 35, 135-147. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.1.85824

Lévy Leblond, J. M. (2003) Una cultura sin cultura. Reflexiones críticas sobre la cultura científica *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS,* 1, 139-151. https://www.revistacts.net/wp-content/uploads/2020/01/vol1-nro1-doss02.pdf

Martínez, S. F. y Huang, X. (2015). *Hacia una* filosofía *de la ciencia centrada en prácticas.* México: Bonilla Artigas-IIF-UNAM.

Nueva Escuela Mexicana (2024). Nueva Escuela Mexicana. Conoce los saberes y pensamiento científico. https://nuevaescuelamexicana.org/nueva-escuela-mexicana-saberes-y-pensamiento-cientifico/#¿Que_es_la_Nueva_Escuela_Mexicana

Oreskes, N. (2019). *Why trust Science?* Princeton: Princeton University Press. Oreskes, N. y Conway, E. (2018). *Mercaderes de la duda*, Madrid: Capitan Swing.

Parga-Lozano, D. L. (2022). Del CTSA educativo a la ambientación del contenido y la formación ciudadana ambiental. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad- CTS*, 17, 117-140. https://orcid.org/0000-0002-7899-0767

Parga-Lozano, D. L. y Piñeros-Carranza, G.Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados, *Educación Química*, 29, 55-64. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683

Pedretti, E. y Nazir, J. (2011) Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, 95, 601-627. https://doi.org/10.1002/sce.20435

Perales-Palacios, F.J. y Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs.STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? Ápice. *Revista de Educación Científica*, 4, 1-15. https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826

Phillips, P.S. y Hunt, A. (1992). The SATIS Project: A Significant New Development in Post-16 Science Education in the United Kingdom, *Journal of Chemical Education*, 69, 404-407. https://doi.org/10.1021/ed069p404

Proctor, R. y Schiebinger, L. (eds) (2008). *Agnotology: The Making and Unmaking of ignorance*. Stanford: Stanford University Press.

Quintanilla, S. y Lartigue, C. (2007). Qué opinan los niños acerca de los libros de texto de ciencias naturales. Memorial de las cartas enviadas a la SEP, 2000-2006. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 12, 1405-1424. https://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v12n35/1405-6666-rmie-12-35-1405.pdf

Reisch, G.A. (2009). *Cómo la guerra fría transformó la* filosofía *de la ciencia. Hacia las heladas laderas de la lógica*, Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.

Reynoso, R., y Chamizo, J.A. (coords) (2017). *Estudio comparativo de la propuesta curricular de ciencias en la educación obligatoria en México y otros países,* México: INEE.

Rueda-Alvarado, C. (2005). La dimensión ciencia-tecnología-sociedad en la educación de México: antecedentes, estado actual y perspectivas. *Educación Química*, 16, 442-449. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.3.66107

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.

Schmelkes, S. (2006). La interculturalidad en la educación básica. *Revista PRELAC*, 3, 120-127. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000151698

SEP (2023a) *Un libro sin recetas*. Fase 3. Disponible en línea https://libros.conaliteg.gob.mx/2023/P1LPM.htm

SEP (2023b) *Libro de proyectos de aula. Sexto grado*. Disponible en línea https://libros.conaliteg.gob.mx/2023/P6PAA.htm

SEP (2023c) *Libro de proyectos comunitarios. Sexto grado*. Disponible en línea https://libros.conaliteg.gob.mx/2023/P6PCA.htm

SEP (2023d) *Libro de proyectos escolares. Sexto grado*. Disponible en línea https://libros.conaliteg.gob.mx/2023/P6PEA.htm

SEP (2023e) *Nuestros saberes. Libro para alumnos, maestros y familia*. Disponible en línea https://libros.conaliteg.gob.mx/2023/P6SDA.htm

Steiner, G. (2001). *Nostalgia del absoluto*. Madrid: Siruela.

Taber, K. (2002). *Chemical misconceptions. Prevention, Diagnosis and Cure,* London: Royal Society of Chemistry.

Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscientific Education, *Science & Education,* 18, 275-298. http://dx.doi.org/10.1007/s11191-008-9145-7

Talanquer, V. (2000). El movimiento CTS en México, ¿vencedor vencido? *Educación Química,* 11, 381-386. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.4.66431

Valladares, L. (2021). El enfoque CTS en el bachillerato tecnológico en México: facetas y contrastes de su inclusión. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad CTS*, 16, julio, 43-69. https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/230

Valladares, L. (2021). Post truth and Education. STS Vaccines to Re-establish Science in the Public Sphere. *Science & Education*, 31, 1311-1337. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00293-0

van Berkel, B., de Vos Veronk, W. y Pilot, A.(2000). Normal Science Education and its Dangers: The case of School Chemistry. *Science & Education.* 9, 123–159. https://doi.org/10.1023/A:1008765531336