

Hacia una reconstrucción del currículo de la química

José Antonio Chamizo y Andoni Garritz

Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria 04510 México D.F.

jchamizo@unam.mx; andoni@unam.mx

Resumen

Se propone una reconstrucción del currículo de química que se enseña de igual manera, prácticamente en todo el mundo, una vez que éste, al ser una acumulación de experimentos, leyes, conceptos y teorías ha perdido la dimensión humana de la disciplina. Se discute que fue a partir de la entronización del Circulo de Viena y de la filosofía lógico-positivista, en la primera mitad del siglo XX, como la única manera de abordar la filosofía de la ciencia que se consolidó esta situación. Asimismo se aborda el fracaso relativo de la postura de Ciencia-Tecnología-Sociedad para remediarlo. Finalmente se propone una revisión de las bases filosóficas de la química desde las cuales pueda reconstruirse el currículo de manera más coherente.

Palabras clave: filosofía, currículo; química normal; Circulo de Viena; Guerra Fría; Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Towards a reconstruction of the chemistry curriculum

ABSTRACT.

A reconstruction of chemistry curriculum is proposed because the usual chemistry curriculum is an accumulation of experiments, concepts, laws and theories that lose the human dimension of the discipline. Normal chemistry education is isolated from common sense, everyday life and society, history and philosophy of science, technology, school physics, and from chemical research. It is explained that this condition is due to the 20st century dominant Vienna Circle positivist philosophy that has enhanced science as a linear chain of successful discoveries that finally became detached of its social and cultural commitments. It is analyzed the relative failure of the Science-Technology-Society approach to recover the chemistry curriculum. It is finally proposed a revision of the philosophical basis of the chemistry curriculum to contemplate a subject matter without "a true" notion, pluralistic and non neutral ethically, that carries justifiable damages but using sustainability as coherence weapon, connected with its supporting actors through history, with inquiry and problem solving as main didactic strategies to accomplish a research-based teaching that can transmit the nature of this fascinating but controversial science.

Keywords: philosophy; curriculum; normal chemistry; Vienna Circle; Cold war; Science-Technology-Society.

1 Introducción

Al final de la Segunda Guerra Mundial, después de que el ejército soviético había tomado Berlín en marzo de 1945 y Hitler se había suicidado, el presidente norteamericano H. Truman tomó la terrible e innecesaria decisión (una vez que la guerra para todos los fines prácticos estaba concluida, y Japón también había sido derrotado desde la batalla naval de Midway en 1942, contra la marina estadounidense) de arrojar bombas atómicas sobre las ciudades japonesas indefensas de Hiroshima y Nagasaki (Easlea 1983; García, 1987). Hay suficiente información histórica que demuestra que Japón buscaba rendirse después de que Alemania ya lo había hecho y cuando enfrentaba también al ejército soviético en China (país que había ocupado previamente) y apenas se podía defender de las incursiones aéreas norteamericanas que bombardeaban las ciudades japonesas repetidamente. Ante la amenaza que la bomba atómica representaba para su propia seguridad, el ejército soviético se dedicó a producir la suya propia, lo que alcanzó en 1949 con lo que se concretó lo que se conocería como la Guerra Fría y que duraría, según diversos historiadores, cuarenta años más. En la carrera armamentista los Estados Unidos parecían ir adelante, pero todo cambió cuando en 1957 los soviéticos lanzaron el Sputnik, la primera nave espacial. La conmoción al interior del gobierno de los Estados Unidos fue terrible y afectó de una manera u otra todos los ámbitos sociales, entre ellos los programas de ciencias que se redefinieron en los años sesenta del siglo pasado.

Durante los años cincuenta en los Estados Unidos el macartismo, la persecución inquisitorial de toda persona que pensara diferente de las normas establecidas, se cobró una buena cantidad de víctimas, particularmente entre la comunidad artística y filosófica. Bajo su sombra se redefinieron los currículos de ciencias que miles de personas estudiamos durante la segunda mitad del siglo XX. En el caso de la química ello representó el advenimiento del *ChemStudy* de Pimentel (1963); del *Chemical Bonding Approach* de Strong (1964) y en el reino Unido del *Nuffield Foundation Chemistry Course* (1967), en los que la química descriptiva pasó a mejor vida y entró en su lugar el esquema de “los principios de la química”, mucho más teórico y basado en la fisicoquímica, en particular, en la química cuántica.

2 Sobre el currículo

Sobre el currículo hay muchas caracterizaciones. Ya desde 1980, Tanner indicó 20 definiciones diferentes (Tanner, 1980). La que nosotros tomamos aquí es la siguiente:

El currículo es una concreción de un proyecto cultural que se trabaja en un contexto institucional específico y que se modifica individual y colectivamente gracias al trabajo cotidiano en las aulas y los laboratorios.

Para tener éxito con una propuesta curricular deben atenderse diversos niveles y/o actores: objetivos claros, materiales educativos apropiados, profesores bien capacitados, alumnos dedicados y una posición filosófica coherente a lo largo y ancho de la propuesta.

Hace poco más de una década se publicó el resultado de un largo proceso de investigación en cerca de veinte países consistente en reconocer si había una estructura común en los currículos de química en los diferentes países y en caso de que así fuera, identificar sus orígenes (Chamizo, 2000). El resultado del mismo indicó que:

La educación química normal está aislada del sentido común, de la vida cotidiana, de la sociedad, de la historia y la filosofía de la ciencia, de la tecnología, de la física escolar y de la investigación química actual (van Berkel, et al., 2000, p. 123)

3 Sobre la propuesta CTS

Lo anterior, a pesar de los varios proyectos curriculares en los que se cambiaron algunos de los contenidos temáticos por aquellos que parecían tener relevancia en los jóvenes como futuros miembros de la sociedad. Las siglas CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad) sirven para reconocer un movimiento de reforma curricular, que se integró formalmente como una corriente educativa con ese nombre en la década de los años ochenta (Garritz, 1994), o aún antes (Aikenhead, 2003), con una búsqueda de educación científica interdisciplinaria, y una nueva demanda de preparación vocacional.

Tan temprano como en 1971, en la revista *Science Education*, Jim Gallagher propuso un nuevo objetivo para la ciencia escolar, en la que da el mismo valor a la comprensión de las relaciones CTS que a los contenidos netamente científicos:

Para futuros ciudadanos en una sociedad democrática, comprender la interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad puede ser tan importante como entender los conceptos y los procesos de la ciencia (Gallagher, 1971, p. 337).

La National Science Teachers Association (NSTA, 1990; Pp. 47-48) de los Estados Unidos ha definido al enfoque ciencia-tecnología-sociedad como “*la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en el contexto de la experiencia humana*”.

Una definición un poco más extensa del enfoque CTS en la enseñanza es la de Archer (1994) en el prefacio de la obra *Chemistry in Context*:

CTS se basa en el desarrollo de actividades enfocadas hacia ‘la toma de decisiones sobre aspectos sociales del mundo-real que tienen un contenido importante de ciencia y de técnica. El contenido científico se construye sobre una base de necesidad-de-conocer, que también provee al alumno de la capacidad de razonamiento crítico para considerar otros aspectos que serán de importancia en el siglo XXI.

Como fue planteada inicialmente tanto el nombre como la idea central de esta corriente deriva de una concepción de ciencia más bien estrecha, ya que parece que la ciencia y la tecnología la hacen individuos “fuera” de la sociedad, sin intereses específicos, ni ambiciones particulares. Quiérase o no, la ciencia y la tecnología, así como sus procesos educativos, se desarrollan en contexto. Sobre esto Gilbert (2006) ha indicado que la función del contexto es “*describir las circunstancias que le dan sentido a las palabras, las frases y las oraciones*” y que el contexto es “*un evento focal inmerso en un espacio cultural específico*”. Considerar que esto es innovador sólo tiene sentido desde una postura filosófica en la que las actividades científicas se asumieron separadas de la sociedad en la que se realizaron y manifestaron culturalmente. Esta postura, la de la tradición heredada de la “lógica positivista”, es la que se ha ido transmitiendo fundamentalmente en los libros de texto convencionales, en los que la ciencia es vista como una acumulación de conocimiento incorporado en un determinado marco teórico y las teorías son entendidas como sistemas axiomáticos para los cuales pueden aplicarse los métodos de validación del análisis lógico. Aquí la racionalidad es absoluta, el conocimiento científico es universal y ahistórico (Chamizo, 2005). No solo eso, Van Aalsvort (2004) ha indicado que la falta de relevancia de la química en la educación preuniversitaria se debe a su raíz filosófica adquirida del positivismo lógico.

Conociendo o ignorando lo anterior, la American Chemical Society lanzó un ambicioso proyecto en la línea CTS denominado *ChemCom* de cuyo paradigmático libro se

publicaron millones de ejemplares, desde la primera edición de 1988 hasta la quinta (ACS, 2010) además de impartirse cientos de talleres a profesores en diversos lugares del mundo y alcanzar a cerca del 20% de la matrícula escolar del bachillerato en los Estados Unidos (Ware, 1999). Esta interpretación de la corriente CTS que, de acuerdo con la caracterización de Gilbert (2006) reconoce el contexto como un espacio recíproco entre los conceptos y las aplicaciones, es ya una realidad, digamos "light", como bien lo enuncia uno de los iniciadores de la misma:

¿Es la propuesta educativa sobre la enseñanza de la ciencia CTS creíble? La literatura de investigación nos presenta dos respuestas claras: desde el punto de vista educativo es sin lugar a dudas creíble, pero políticamente no lo es. Por lo tanto, todos los proyectos futuros CTS que se consideren innovadores tendrán la necesidad de incorporar tanto un componente educativo y un componente político para hacer una diferencia significativa en lo que sucede en una clase de ciencias (Aikenhead, 2005).

A pesar del parcial optimismo de Aikenhead, esta interpretación de la corriente CTS carece de razones evidentes para la selección de eventos focales (que son los que identifican la parte de Tecnología y Sociedad). Ya se ha indicado (Layton, 1993) que el sentido adscrito a un concepto en la ciencia no necesariamente es el mismo cuando se utiliza en la tecnología. Como ejemplo en química se utiliza "agua pura" para designar una sustancia que no contiene otras sustancias, asunto muy diferente al "agua potable" que como sinónimo de "agua pura" se utiliza al introducir aspectos de tecnología y sociedad en un curso convencional de química con aspiraciones CTS. Como lo resume Gilbert (2006) aquí el contexto del experto no necesariamente es el contexto del estudiante.

Actualmente se tiene una visión diferente de lo que representa la corriente CTS, que no es la de la "unión" artificial de sus tres campos de dominio separados:

CTS es algo más que la suma de esos tres términos. Supone una nueva aproximación o perspectiva sobre esos conceptos que pone el acento en sus relaciones recíprocas, en las complejas interacciones que, especialmente en la actualidad, se dan entre la sociedad, la tecnología y la ciencia (Grupo Argo, 2000, p. 2).

De esta manera, la más moderna acepción del dominio CTS engloba la ciencia y la tecnología (la tecnociencia, más bien) dentro de los aspectos culturales:

La palpable transformación de la cultura en tecnocultura fomenta la aceptación de la ciencia y la tecnología como modalidades culturales. En todo caso, es innegable que uno de los mayores retos para la cultura del siglo XXI está en comprender, valorar y manejar culturalmente la proliferación de las innovaciones tecnocientíficas... Para comprender la ciencia y la tecnología contemporáneas como realizaciones culturales y manejar culturalmente las consecuencias de sus innovaciones, es preciso un marco conceptual y teórico (riguroso y sistemático) que rompa con las disociaciones tradicionales redefiniendo, de algún modo, las mismas ideas de cultura y naturaleza y que sea capaz de fructificar en nuevas tecnologías culturales de interpretación, valoración e intervención (Medina, 2000, p. 1).

Lo anterior, que es sin duda un avance, no puede hacerse a espaldas de lo que sucede día a día en las aulas, cualesquiera que sea el nivel educativo en cuestión.

Por ello, los conocimientos escolares no pueden ser ya “los programas” de siempre basados en conceptos que proporcionan una visión rígida y dogmática del mundo sino que han de ser la ocasión de plantear preguntas que inciten a la intervención y a la reflexión sobre fenómenos y relaciones entre fenómenos que sean relevantes para comprender los temas científicos de actualidad (Izquierdo, 2005, p. 114).

4 Sobre la postura filosófica detrás del currículo

La posición dominante sobre el currículo, esto es la educación química normal, se sustenta filosóficamente en el positivismo lógico originado alrededor del Círculo de Viena (van Berkel *et al.*, 2000). Sobre esta corriente diversos investigadores educativos han manifestado en los últimos años sus particulares desacuerdos. Por ejemplo Driver *et al.* (2000, p. 289) indican:

La visión "positivista" de la ciencia, poniendo el énfasis en el recuerdo de los hechos a través de experimentos confirmatorios, niega el papel de los relatos históricos y sociales de la ciencia y la presenta como una sucesión lineal de descubrimientos exitosos. Las aplicaciones de la ciencia y sus implicaciones sociales, se limitan simplemente a ilustrarla "utilización" de los conocimientos científicos (Driver, p. 289)

De manera más contundente Van Aalsvoort (2004, p. 1158) indica:

el positivismo lógico supone que el conocimiento científico puede ser aplicado en todas las situaciones por todas las personas en todo momento, debido a su carácter universal. Por lo tanto, es un tipo especialmente valioso de conocimiento. La tecnología desarrolla aplicaciones de los conocimientos científicos con miras a las necesidades o problemas sociales, lo que implica elecciones y decisiones basadas en valores. Por lo tanto, la tecnología no puede ser considerada parte de la ciencia. La sociedad, al menos, utiliza las aplicaciones que, provenientes de la tecnología, se han puesto a disposición. Esto significa que el positivismo lógico construye una brecha entre la ciencia por un lado, y la tecnología y la sociedad por el otro (Van Aalsvoort, 2004, p. 1158).

Así, una de las razones del fracaso de integrar curricularmente la actividad científica profesional con un proyecto socio-cultural, es que lo que se conoció durante una buena parte del siglo XX como filosofía de la ciencia, fue la posición dominante originada alrededor del Círculo de Viena. Recientemente se han estudiado sus orígenes históricos, particularmente los textos en alemán de sus fundadores entre los que sobresale Otto Neurath. Así resulta lo que dice Reish (2009):

Dado que ahora sabemos que el empirismo lógico fue originalmente un proyecto filosófico con ambiciones culturales y sociales, nos encontramos en el momento oportuno para preguntarnos cómo fue transformada la disciplina 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 debido al cambio en el movimiento de Unidad de la Ciencia de Neurath. El movimiento no era meramente un frente público y

científico para un programa 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).

Lo anterior queda claro cuando se consideran los escritos del científico comunista inglés John D. Bernal, marginado en su país y considerado el fundador de la corriente de estudios de ciencia y tecnología con fuertes connotaciones políticas. En su muy influyente libro *La ciencia en la historia*, publicado en 1954 y del que aquí utilizamos la traducción realizada por Eli de Gortari en la UNAM años después, Bernal indica (1972, p. 37):

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 (Bernal 1972, p.37)

Reconociendo la importancia de su legado, tan cuestionado en su propio momento pero muy apreciado posteriormente por sus colegas en todo el mundo, desde 1981 la "Society for Social Studies of Science" ha entregado el premio J. D. Bernal a algunos de los filósofos de la ciencia más influyentes, entre los que destacan R. K. Merton, T. S. Kuhn, B. Latour y S. Shapin. Lo que con ello queda claro, y el caso de J. D. Bernal es sólo un ejemplo, es que durante la Guerra Fría en la mayoría del mundo intelectual anglosajón se llevó a cabo una purga que entronizó una filosofía de la ciencia que defendía analíticamente su superior pureza centrada en la metodología y en la reducción de las diversas disciplinas científicas a la física. Como lo indica el filósofo español J. Echeverría (2003):

La reducción de unas ciencias a otras era el objetivo fundamental del Círculo de Viena en su proyecto de elaboración de una ciencia unificada. Del mismo modo que Frege, Russell y la escuela formalista de Hilbert habían reducido las matemáticas a la lógica[...]las ciencias empíricas debían ser reducidas a lenguaje fisicalista, e incluso algunas ciencias a otras, como las ciencias sociales a la psicología (entendida al modo conductista) y ésta, a su vez, al fisicalismo. La impronta del positivismo de Comte, aunque muy lejana, seguía dejándose notar (Echeverría, 2003, p. 56).

En gran parte estas presiones llevaron al empirismo lógico a deshacerse de sus compromisos culturales y sociales debido al cambio en el movimiento de Unidad de la Ciencia de Neurath. El movimiento no era meramente un frente público y científico para un programa que de otro modo hubiera sido filosófico e independiente. Contribuyó a determinar qué clases de preguntas y temas de investigación eran perseguidos, en el corazón de la filosofía de la ciencia. Como lo indica Reish al concluir su magnífico estudio (Reish, 2009):

Si estos mecanismos que transformaron la filosofía de la ciencia hubieran sido desviados, expuestos o contraatacados de alguna manera, si la profesión no solo hubiera permitido, sino también alentado a sus luces más brillantes a completar su labor técnica en filosofía, con análisis de los asuntos y de los debates públicos, uno no puede sino preguntarse si los planes de la filosofía

científica de contribuir a hacer realidad un público más informado científica y epistemológicamente, y tal vez un mundo más pacífico, económicamente estable y justo, no habrían parecido tan ingenuos e ilusos como parecen hoy (Reish, 2009, p. 458).

Después de tantos años hoy es posible trazar la línea ideológica que entronizó a una postura filosófica que se traicionó a sí misma. La filosofía original del Círculo de Viena devino la filosofía de la ciencia académica del mundo anglosajón que para poder sobrevivir se acomodó a las condiciones sociales que el gobierno de posguerra norteamericano impuso a sus ciudadanos. Resulta paradójico que al negar las relaciones entre la ciencia y la sociedad, sobreviviera. Y eso es lo que varias generaciones de estudiantes de ciencias aprendimos en las aulas y que aún se está enseñando.

5 Hacia una reconstrucción del currículo de la química

El enfoque CTS actual es una propuesta curricular que centrada en los saberes de los expertos persigue varios propósitos relacionados entre sí (Aikenhead 2005, p. 388):

- (1) buscar y reconocer que los aspectos humanos y culturales de la ciencia y la tecnología sean más accesibles y relevantes para los estudiantes (por ejemplo, la sociología, la filosofía y la historia de la ciencia, así como sus interrelaciones con la sociedad);
- (2) ayudar a los estudiantes a ser mejores pensadores, críticos, creativos y solucionadores de problemas, y especialmente incrementar su capacidad de tomar decisiones, en un contexto cotidiano relacionadas con la ciencia;
- (3) aumentar las capacidades de los estudiantes para comunicarse entre sí y con la comunidad científica o sus portavoces (es decir, escuchar, leer, responder, etc);
- (4) aumentar el compromiso de los estudiantes con su responsabilidad social, y
- (5) generar interés en, y por lo tanto, aumentar su capacidad de aprender los contenidos específicos que se encuentra en los currículos de ciencias

Lo cierto es que solamente una baja proporción de los estudiantes del bachillerato en todo el mundo ha concluido con una formación científica dentro de este esquema. Para reconocer su impacto las dificultades aún son muchos, como lo indica Gilbert (2006) además de las confusiones en cuanto a las propias posturas (debido en gran parte a que a pesar de sus buenas intenciones conserva su impronta lógico-positivista) su implementación a lo largo de la vida escolar es muy fragmentada.

Sobre la posición filosófica dominante se construyeron multitud de currículos en todo el mundo relacionados con las ciencias en la segunda mitad del siglo XX a los que se enfrentaron, con cierto poco éxito y sus diversos matices, el CTS, ya que varias de sus aproximaciones más importantes se permearon de esa filosofía lógico-positivista de ensalzamiento de una única y aséptica ciencia, la de los expertos. El ir cambiando los currículos poco a poco, incorporando algunos nuevos asuntos ha permitido reconocer la posición gatopardesca de “cambiar para que nada cambie”.

Hemos identificado, de acuerdo con las ideas originales propuestas por van Berkel (2000) que para escapar de esta posición dominante del currículo es necesario tres acciones concertadas :

Condiciones para escapar	Propuestas
Se debe saber de dónde se escapa	De un currículo dominante basado en la física y químicamente puro, sazonado ocasionalmente con algunas aplicaciones
Hay que saber de qué se escapa	De una postura filosófica centrada en la concepción heredada de la ciencia del Circulo de Viena
Hay que saber cómo escapar	Construir una nueva relación entre alumnos y docentes basada en otras posturas filosófica y con una inequívoca intervención en el mundo

Escapando de los currículos universales que tenemos, centrados en las decisiones de que contenidos enseñar de los expertos, buscando integrar los contenidos de química a las circunstancias sociales específicas de los alumnos (reconociendo con ello las aportaciones de Vigotsky) se pretende alcanzar lo que atinadamente reconoce Izquierdo (2005, p. 117):

La principal aportación que puede hacer la ciencia a la educación de las personas es enseñar a pensar sobre los resultados de una intervención con motivo y objetivo, mediante “modelos” que integren reglas de actuación y lenguajes con los cuales se socialicen los conocimientos (Izquierdo, 2005, p.117).

De esta manera concluimos que es necesaria una revisión de la base filosófica del currículum de la química, siguiendo a van Berkel y coincidiendo con la postura filosófica de Olive (2000). La nueva construcción curricular, ha de basarse menos en la concepción positivista de la ciencia y más en su visión de tecnociencia, con su naturaleza éticamente no neutral y pluralista, con sus daños justificables, sin una noción de verdad y quizás basada en la sustentabilidad como arma de cohesión. De esta manera, debe buscarse que la química quede conectada con los actores que la han desarrollado a través de la historia, así como con la indagación y la resolución de problemas como principales estrategias didácticas para alcanzar una enseñanza basada en la investigación, como forma efectiva de transmitir a los estudiantes la naturaleza de esta ciencia.

Referencias bibliográficas

- AIKENHEAD, Glen S., ‘STS education: A rose by any other name’, chapter 5, Pp. 59-75 in Roger Cross (Ed.) *A vision for science education. Responding to the work of Peter Fensham*. New York, USA: RoutledgeFalmer. Traducido como Aikenhead G.S., Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame, *Educación Química*, 16(2): 114-124, 2005.
- AIKENHEAD, Glen S., Research into STS Science Education, *Educación Química*, 16(3): 384-397, 2005.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY (2010), *Chemistry in the Community*, Fifth Edition, 600 pp., W. H. Freeman.
- ARCHER, Ronald D. Foreword., in SCHWARTZ, A. Truman; BUNCE, Diane M.; SILBERMAN, Robert G.; STANITSKI, Conrad L.; STRATTON, Wilmer J. & ZIPP, Arden P.

- Chemistry in Context. Applying Chemistry to Society*, American Chemical Society
Dubuque, IA, USA: Wm. C. Brown Pub, 1994.
- BERNAL John D. *La ciencia en la historia*, México: UNAM, 1972.
- CHAMIZO José Antonio; IZQUIERDO, Mercè, *Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía*, *Alambique*, **46**(1): 9-17, 2005.
- El curriculum oculto, *Educación Química*, **12**(4): 194-198, 2001. Puede obtenerse una versión electrónica del artículo en el libro Chamizo J. A. (2008). *La esencia de la química* de la URL <http://depa.pquim.unam.mx/SHFQ>
- CUTCLIFFE, S. H. The emergence of STS as an academic field. In Durbin, Paul (Ed.), *Research in Philosophy and Technology*, Vol. 9. Greenwich, Conn.: JAI Press, 1989.
- DRIVER, Rosalind; NEWTON, Paul & OSBORNE, Jonathan. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms, *Science Education*, **84**(3): 287-312, 2000.
- EASLEA, Brian, *Fathering the Unthinkable. Masculinity, Scientist and the Nuclear Arms Race*, London: Pluto Press, 1983.
- ECHEVERRÍA, Javier, *Introducción a la Metodología de la Ciencia*, Madrid: Ediciones Cátedra, 2003.
- GALLAGHER, James J. A broader base for science education. *Science Education*, **55**(3): 329-338, 1971.
- GARCÍA, Horacio, *La bomba y sus hombres*, México: Alhambra Mexicana, 1987.
- GILBERT, John K. On the Nature of "Context" in Chemical Education, *International Journal of Science Education*, **28**(9): 957-976, 2006.
- GARRITZ, Andoni. Ciencia-Tecnología-Sociedad. A diez años de iniciada la corriente, *Educación Química*, **5**(4): 217-223, 1994.
- GRUPO ARGO. ¿Qué es CTS? Sección 4,1 y 4,2 del texto "CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD", 2000. Puede obtenerse una versión electrónica de la URL http://www.grupoargo.org/cts41_42.pdf, de la que se obtuvo el 20 de septiembre de 2010. Puede obtenerse el libro completo de la URL <http://www.grupoargo.org/documentos.htm>
- IZQUIERDO, Mercè. Hacia una teoría de los contenidos escolares, *Enseñanza de las Ciencias*, **23**(1): 111-122, 2005.
- LAYTON, David, *Technology's Challenger to science education*, Buckingham: Open University Press, 1993
- MEDINA, Manuel. Ciencia-Tecnología-Cultura del siglo XX al XXI, en Medina, Manuel y Kwiatkowsnka, T. (eds.), *Ciencia, Tecnología /Naturaleza, Cultura en el siglo XXI*. Barcelona: Editorial Anthropos, 2000. Puede obtenerse electrónicamente este capítulo de la siguiente URL de la Universidad de Barcelona <http://www.ub.es/prometheus21/articulos/cienciaytecnologia.pdf>, de la que se obtuvo el 20 de septiembre de 2010.
- OLIVÉ, León, *El bien, el mal y la razón. Facetas de la ciencia y de la tecnología*, México: Ed. Paidós, 2000.
- NSTA, Science-technology-society: A New Effort for Providing Appropriate Science for all (Position Statement), Pp.47-48, in *NSTA Handbook*, Washington, D. C. USA: National Science Teachers Association, 1990.
- NUFFIELD FOUNDATION, *CHEMISTRY*, United Kingdom: Longmans/Penguin books, 1967.
- PIMENTEL, G. C. (Ed.) *Chemistry: An Experimental Science (Chemical Education Material Study)*. San Francisco CA, USA: Freeman and Co., 1963.
- REISH, A. George, *Cómo la Guerra Fría transformó la filosofía de la ciencia*, Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes, 2009.
- STRONG, I. E. (Ed.) *CBA Project. Chemical Bond Approach*, United Kingdom: Earlham College Press, 772 Pp., 1964.
- VAN AALSVOORT, Joke. Logical positivism as a tool to analyse the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education, *International Journal of Science Education*, **26**(9): 1151-1168, 2004.

VAN BERKEL, Berry, de VOS, Wobbe, VERDONK, Adri H. & PILOT, Albert, (2000), Normal Science Education and its Dangers: The Case of School Chemistry, *Science&Education*, 9(1-2), 123-159.

WARE, Sylvia A. (1999). The World Bank, Washington, D.C. Comunicación personal.