

Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción

Jordi Solbes

Departamento de Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, Universitat de València. jsolbes@uv.es

[Recibido en mayo de 2012, aceptado en octubre de 2012]

En este trabajo intentamos justificar, basándonos en la didáctica y en la historia de las ciencias, que las cuestiones socio-científicas pueden contribuir a desarrollar el pensamiento crítico de los estudiantes. Estas consideraciones sobre la historia de la ciencia se pueden transformar en cuestiones socio-científicas (CSC), que se pueden usar en las clases de ciencias.

Palabras clave: cuestiones socio-científicas; pensamiento crítico; enseñanza de las ciencias.

Contribution of socio-scientific issues to development of critical thinking (I): Introduction

In this paper we try to justify that socio-scientific issues can help to develop critical thinking of students, based on the science education and history of science. These considerations of the history of science can be transformed into socio-scientific issues (SSI), which can be used in science classes.

Key words: socio-scientific issues; critical thinking; science teaching.

El pensamiento crítico y su enseñanza

Uno de los retos de las nuevas competencias de la enseñanza obligatoria es conseguir un pensamiento crítico en la población (Jiménez-Aleixandre, 2010; Solbes, Ruiz y Furió, 2010). Por eso, el objetivo de este trabajo es mostrar que las cuestiones socio-científicas pueden contribuir a desarrollar el pensamiento crítico de los estudiantes. En primer lugar, tratamos de justificarlo didácticamente y después utilizamos aportaciones de historia y sociología de las ciencias para mostrar que la ciencia es metodológicamente crítica, pero para que se pueda considerar como pensamiento crítico y actuar socialmente como tal, tiene que abordar cuestiones socio-científicas. Estas reflexiones basadas en la historia de la ciencia se pueden transformar en actividades para el alumno.

Algunas disciplinas, como la filosofía, a veces, se atribuyen la exclusividad del pensamiento crítico, con la cual pretenden justificar su importancia en el currículo. Para ello pueden presentar una extensa nómina de pensadores críticos, como Sócrates y su mayéutica, Descartes y su duda metódica, el criticismo kantiano (aplicado a la razón, los valores y la práctica), los llamados filósofos de la sospecha: Nietzsche (que aplica dicha sospecha a la religión, moral y costumbres), Marx (a la economía y la política) y Freud (que nos recuerda la naturaleza instintiva y pulsional del ser humano) y, más recientemente, la teoría crítica o escuela de Frankfurt (Horkheimer, Adorno, Marcuse, Habermas), etc.

Otros, en cambio, identifican pensamiento crítico y científico, ya que el escepticismo es uno de los principales valores de la ciencia moderna, que pretende que cualquier conclusión esté comprobada en datos y que el conocimiento científico debe someterse a un examen crítico en busca de errores y contradicciones (Merton et al., 1980). Pero la teoría crítica (Marcuse, 1972; Habermas, 1992), señala que el desarrollo de la ciencia (y de la tecnología) está influenciado por la sociedad de la que forma parte y que hay instituciones que anteponen su crecimiento o su rentabilidad económica o la defensa nacional a las finalidades de la ciencia. Por eso, consideran la ciencia como ejemplo del pensamiento unidimensional y como paradigma de razón instrumental opuesta a la razón crítica.

A esto último puede haber contribuido la enseñanza de las ciencias, en la que, al contrario del escepticismo mertoniano, prevalece el dogmatismo, el formulismo, el ahistoricismo y la descontextualización (ausencia de relaciones CTS) (Solbes y Traver, 1996). Así, por ejemplo, en el diagnóstico del dogmatismo coinciden muchos autores con formación científica como Popper (1975) dice que "*Al científico se le ha enseñado mal. Se le ha enseñado dentro de un espíritu dogmático, ha sido víctima de indoctrinación. Ha aprendido una técnica que puede aplicarse sin preguntar por qué*". Kuhn (1975) afirma que "*se trata de una educación estrecha y rígida, posiblemente más que ninguna otra, exceptuando quizá la teología ortodoxa*". Ziman (1986), investigador de física de sólidos y sociólogo de la ciencia, señala que en los cursos de ciencias "*una investigación realizada 20 o 30 años antes suele presentarse como si ya fuera incontestable*" y que "*este dogmatismo no siempre está justificado*". Se olvida así que el conocimiento científico evoluciona, es tentativo, sujeto a cambios que se producen de forma gradual a partir de evidencias experimentales y de discusiones. Se pueden hacer consideraciones similares respecto al formulismo, el ahistoricismo y la descontextualización (Solbes, 1999).

Pero para ver si se enseña a pensar críticamente habría que ver cuáles son los procedimientos involucrados en el pensamiento crítico y en qué medida se enseñan. Así, Yager (1993) lo relaciona con la capacidad de hacer elecciones racionales y juicios fundamentados como elementos de las decisiones que se emplean para resolver problemas. Halpern (1998) plantea procedimientos como resolución de problemas, argumentación, evitar falacias de interpretación (respecto a la probabilidad o la causalidad/ correlación, etc.). Vieira, Tenreiro-Vieira y Martins (2010) mencionan las capacidades de cuestionar la validez de los argumentos, rechazar conclusiones no basadas en razones válidas, detectar tendencias y errores de pensamiento y evaluar la credibilidad de las fuentes de información. Por último, un científico como Smolin (2007), señala que el público no debe creer todo lo que oiga y pedir pruebas de esos enunciados.

Pero los procedimientos no parecen suficientes, porque también importan los problemas, discursos o acciones a los que se apliquen. Así, Jiménez-Aleixandre (2010) ofrece una definición más completa al afirmar que pensamiento crítico "*es la capacidad de desarrollar una opinión independiente, adquiriendo la facultad de reflexionar sobre la sociedad y participar en ella*", señalando que tiene componentes de argumentación, como la búsqueda y uso de pruebas y cuestionar la autoridad, y emancipatorios, como la opinión independiente y el análisis crítico de discursos legitimadores.

Por eso, la educación CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) al tratar cuestiones energéticas, medioambientales, médicas, técnicas, etc. a las que se enfrentan las sociedades pueden facilitar la introducción de ideas y valores críticos (Aikenhead, 1994; Solbes, 2009). Aunque no siempre es así, dada la gran pluralidad de enfoques de la educación CTS (VV.AA. 1995), promovidos algunos por la industria química. Por eso es conveniente centrarse en las cuestiones socio-científicas (CSC), es decir, en cuestiones científicas implicadas en debates sociales. Las CSC requieren de los ciudadanos el análisis de diferentes argumentos y la toma de decisiones en función de la racionalidad de las diferentes opciones que se plantean (Sadler y Zeidler, 2005). Además, el desarrollo de capacidades argumentativas es aún más necesario en el caso de que existan posturas controvertidas sobre un tema científico que impliquen diferentes intereses y valoraciones (Solbes, Ruiz y Furió, 2010; Díaz y Jiménez Liso, 2012).

Uniendo los contenidos de procedimiento y de CTS, podemos decir que el pensamiento crítico implica estar informado sobre el problema, es decir, no limitarse a los discursos dominantes en los medios de comunicación, que reproducen y legitiman el sistema establecido, sino conocer posturas alternativas bien argumentadas y, para ello, ser capaz de analizar las pruebas que sustentan las diferentes posturas. A continuación, estudiar el problema

en su complejidad, de manera que se involucren dimensiones no sólo científicas y técnicas, sino también sociales, económicas, ambientales, culturales, éticas, etc. Esto último nos permite realizar valoraciones éticas de los distintos argumentos, teniendo en cuenta los intereses subyacentes. Y, en consecuencia, tomar decisiones prácticas. Sólo así, podremos enseñar una ciencia con espíritu crítico que pueda salir al paso de las afirmaciones de la escuela de Frankfurt.

¿Es la ciencia pensamiento crítico?

En este y el siguiente apartado se completa la justificación didáctica del pensamiento crítico del apartado anterior, con otra basada en la propia historia de las ciencias. Podemos encontrar información al respecto en múltiples libros de historia y sociología de la ciencia (Bowler y Morus, 2005; González, López y Luján, 1996; Jerome, 2002; Kragh, 2007; Sánchez Ron 1999 y 2006; Solbes, 2002). Por otra parte, esta reflexión histórica se puede traducir en cuestiones socio-científicas para los estudiantes, que promuevan el pensamiento crítico de los mismos respecto a dichos temas. Por tanto podemos plantearles a los estudiantes la siguiente actividad (que aparece en cursiva y precedida de una *A*):

A. ¿Es la ciencia pensamiento crítico?

Cuando se plantea esta pregunta a los y las estudiantes de ciencias, tanto en el bachillerato como en la universidad, suelen considerar crítica a la ciencia. Y aluden a cómo se enfrentó, en la época de Copérnico y Galileo, al pensamiento religioso dominante. Para aclarar esto, se puede señalar que Copérnico era canónigo de catedral de Frauenburg y que Galileo, según sus propias declaraciones, era creyente y, además, sus dos hijas eran monjas. Con esto el alumnado puede ver que los conflictos entre la iglesia y estos científicos no son sólo religiosos, sino especialmente sobre quién tiene la autoridad de afirmar lo que es verdad, la iglesia o la ciencia. La primera justifica sus argumentos en autoridades (los filósofos griegos, especialmente Aristóteles, los padres de la iglesia, Agustín y Tomás de Aquino y, en último extremo, la Biblia, considerada entonces como palabra literal de Dios). En cambio, los enunciados de la ciencia tienen que probarse con observaciones o experimentos científicos. Pero la idea de autoridad aún pervivió en los inicios de la revolución científica y, por eso, las experiencias de Boyle y otros, se hacían ante autoridades como el alcalde, el juez, el sacerdote, que daban testimonio del resultado obtenido. Es decir, la ciencia es metodológicamente crítica, pero si esta crítica no trasciende las paredes del laboratorio, no se puede identificar pensamiento crítico y científico, o atribuirle a este último la exclusividad de la crítica.

Otra actividad que se puede plantear al alumnado es:

A. Menciona ejemplos de conflictos que, a lo largo de la historia de la humanidad, hayan enfrentado a la ciencia con los poderes y concepciones establecidos.

La mayoría de los textos muestran las dificultades que tuvo el modelo heliocéntrico, introduciendo algún breve párrafo sobre la condena de Galileo (y en algún caso la de Bruno). Con ello se puede dar la sensación de que los conflictos sólo se producían en el pasado. Por ello no es de extrañar que los estudiantes mencionen mayoritariamente el caso de Galileo, como pone de manifiesto la experiencia del autor al realizar esta actividad. En algunos casos, mencionan a Darwin (que no fue perseguido, aunque su teoría aún continúa siéndolo en EEUU, en los países islámicos, etc.) y, recientemente, las investigaciones en células embrionarias (prohibidas en EEUU y en España, con el gobierno de Aznar, de ahí que mencionen este tema). En estos casos el problema es con la religión, pero hay otros conflictos, sobre todo a partir del siglo XX, en el que las causas son otras, como veremos a continuación.

¿En qué circunstancias se puede considerar crítica la ciencia?

Las siguientes actividades pueden contribuir a profundizar en dichos conflictos y aclarar cuándo se puede considerar crítica la ciencia.

A. Tras la condena de Galileo, en los países mayoritariamente católicos (España e Italia) hay grandes obstáculos como las persecuciones de la Inquisición. Incluso en los países en los que continúa el desarrollo de la ciencia (Inglaterra, Holanda y Francia) se establece un criterio de demarcación: se delimita una región inaccesible a la ciencia. ¿Cuál es esta región o dominio? ¿Qué pasa cuando la ciencia continúa avanzando en esta región?

Galileo ya trata de establecerlo, para conseguir un ámbito de autonomía para la ciencia, utilizando el argumento del cardenal Baronio: *“la intención del Espíritu Santo es mostrarnos cómo se va al cielo y no cómo se mueve el cielo”*

Y ante ese conflicto se estableció un “criterio de demarcación” que deja los temas sociales, religiosos y morales a la Iglesia y los del mundo físico a la ciencia. Algunos textos fundacionales pueden ser reveladores. Por ejemplo, Descartes en la 3ª parte del *Discurso del método* (1637) renunciaba a poner en duda, siendo por tanto inconsecuente con su método, las cuestiones de moral y religión, afirmando *“seguir las leyes y las costumbres de mi país”* y dirigirse *“por las opiniones más moderadas”*, en lo que a ellas concierne. En sus Estatutos (1663) se señalaba que el objetivo de la Royal Society es: *“mejorar el conocimiento de los objetos naturales, de todas las artes útiles, las manufacturas, las prácticas mecánicas, las máquinas y los inventos por medio de la experimentación (sin tratar de Teología, Metafísica, Moral, Política, Gramática, Retórica y Lógica)”*. Como señala uno de sus miembros, Thomas Spratt, *“...este tema nunca nos dividió en mortales facciones, nos permitía mantener sin animosidad las diferencias de opinión”*.

El criterio de demarcación produce una separación entre ciencia y religión que permite el desarrollo autónomo de ésta, pero a su vez, obstaculiza que la ciencia tenga incidencia sobre la concepción del mundo o las cuestiones de organización social, con lo cual pierde fuerza crítica (Solbes, 2002) y se transforma en razón meramente instrumental cuestionada, y con razón, por la teoría crítica de Horkheimer, Marcuse, etc. A esto evidentemente puede contribuir una enseñanza dogmática y formalista de la ciencia, que excluya su historia y su contexto social y ambiental (Solbes, 1999).

Por eso no puede extrañar que cada vez que la ciencia ha transgredido la demarcación se han producido conflictos, por ejemplo, la evolución al azar cuestiona la intervención continua de Dios en la naturaleza viva (como Laplace la había cuestionado en el sistema solar) y sobre todo el finalismo, o lo que es lo mismo, la existencia de un plan del creador.

A. Por grupos de trabajo, buscad información de los siguientes científicos para ver sus principales contribuciones y en qué conflictos con los poderes y concepciones establecidos se vieron involucrados:

Nicolas Copernico, Odón de Buen, Schrödinger, Paul Langevin, Lise Meitner, Linus Pauling, Vavilov, Gilles-Eric Seralini

Giordano Bruno, Stanley Meyer, José Royo, Irene Joliot-Curie, Max Born, David Bohm, Cristian Velot, Leo Szilard

Galileo, Dubinin, Rachel Carson, Robert Oppenheimer, Enrique Moles, James Hansen, Victor Weisskopf, Leopold Infeld

Hypatia de Alejandria, Einstein, Blas Cabrera, Lev Landau, Frederic Joliot-Curie, Harold Urey, Clair Patterson, Andrés Carrasco.

Se ha planteado esta selección numerosa y nada arbitraria de científicos porque de los múltiples conflictos en que se vieron involucrados, se pueden extraer las diversas causas de los

mismos. Podemos ver que en los primeros casos, desde la antigüedad al siglo XIX, se producen enfrentamientos con la iglesia. Así, Hypatia, filósofa y astrónoma, murió lapidada a causa del fanatismo del populacho alentado por el patriarca Cirilo de Alejandría. Amenábar le ha dedicado la película *Agora* cuya visión y comentario por el alumnado puede ser interesante para enseñar el pensamiento crítico. Los defensores del heliocentrismo fueron sometidos a persecuciones. Aunque Copérnico se libró de ellas al publicar *De Revolutionibus* el año de su muerte, Lutero le tachó de loco y hereje y la iglesia católica incluyó su libro en el *Índice de libros prohibidos*. Giordano Bruno, con su defensa de la infinitud del Universo y de la existencia de un gran número de mundos habitados, no se limitaba a sustituir el geocentrismo, sino que eliminaba toda clase de antropocentrismo. Fue sometido a torturas para que abjurase y al no hacerlo, fue quemado en la hoguera en el año 1600.

Al publicar Galileo en latín observaciones astronómicas en favor del sistema copernicano en el libro *Sidereus Nuncius* (1610), fue advertido por la Inquisición, que le prohibió enseñar y publicar sobre dicho tema. Cuando publica *Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo* (1632), en italiano y en forma de diálogo, haciéndola accesible a la sociedad, se inicia su persecución pese a su edad avanzada. Fue juzgado por la Inquisición, amenazado con tortura, obligado a renunciar a sus ideas (su abjuración fue leída públicamente en todas las iglesias de Italia) y confinado hasta su muerte en 1642 en una villa en el campo. El *Diálogo* fue incluido en el *Índice*, donde permaneció junto al de Copérnico y otro de Kepler hasta 1835. Esta condena de las teorías de Galileo se ha prolongado hasta la actualidad. El Vaticano no anunció hasta 1968 la conveniencia de anularla y la ha hecho efectiva en 1992. Por último, Odón de Buen, iniciador de la oceanografía española, fue, por las presiones del cardenal Casanyes, apartado momentáneamente de su cátedra en 1895 por enseñar el darwinismo y sus libros fueron incluidos en el *Índice*.

Los restantes ejemplos nos muestran que la ciencia de nuestro tiempo ha tenido que enfrentarse con poderosos enemigos de la enseñanza y la investigación libres. Por ejemplo, en las dictaduras de todo signo que proliferaron en el siglo XX, los motivos de persecución eran raciales y de discrepancia política. Stalin, además, persiguió algunas teorías científicas, porque se oponían a su ideología. Pero también las democracias han perseguido a los científicos cuando estos abordaban problemas socio-científicos, planteando verdades incómodas que se oponen al discurso del sistema. Veamos con mayor detalle estos casos.

Cuando Hitler sube al poder en 1933 se inicia su política belicista, nacionalista y antisemita, promulgándose la ley de restauración de la carrera del funcionariado, según la cual "*los funcionarios que no sean de linaje ario han de ser jubilados o pasar a la situación de excedencia*". Más de 500000 personas tuvieron que exiliarse de Alemania entre ellos unos 2500 científicos. Uno de los primeros en ser perseguido fue Einstein. Reunía alguna de las características que más odiaban los nazis: era judío, pacifista y progresista. Schrödinger, por discrepancias ideológicas, abandonó Berlín en 1933, pasando a Austria, de donde tuvo que exiliarse al ser anexionada por Alemania en 1938. En la Universidad de Gotinga, de 33 profesores de Física y Matemáticas, tuvieron que abandonar sus cargos 22, entre ellos Born y Frank. Otros físicos que tuvieron que exiliarse fueron Lise Meitner, Stern, Bloch, Wigner, Bethe, Gabor, Heitler, London, Nordheim, Peierls, Teller, Szilard, Weisskopf, matemáticos como Minkowski y Schwarzschild, químicos como Haber, Debye, Hevesy y Herzberg y en Medicina y fisiología destacan entre los exiliados Meyerhof, Loewi, Chain, Krebs, Bloch, Delbrück. Muchos de los físicos colaboraron en los EEUU con el proyecto Manhattan, para la construcción y el lanzamiento de las primeras bombas atómicas y el proyecto radar, para localizar aviones o blancos con ondas de radio, y todos ellos contribuyeron al gran desarrollo científico estadounidense tras la II Guerra Mundial.

En Italia la alianza de Mussolini con Hitler, acentúa el fascismo del régimen. En 1938 se publica el *Manifiesto de las razas*, se promulgan leyes antijudías, se crean cátedras universitarias de racismo, se retiran libros de autores judíos o antifascistas. El científico italiano con más prestigio era Fermi, que no deseaba marcharse de su país, pero como su mujer era judía, cuando fue en 1938 a Estocolmo a recibir el premio Nobel de física, aprovechó la ocasión para no retornar a Italia e irse a los EEUU, donde se convirtió en uno de los principales científicos del proyecto Manhattan. Otros discípulos suyos, como Segré le siguieron.

En España, con el triunfo de Franco al final de la guerra, se exilian algunos científicos de talla internacional como los físicos Blas Cabrera, Arturo Duperier y Miguel Angel Catalán, el químico Enric Moles, el biólogo Odón de Buen y los geólogos Josep Royo y Vicent Sos Baynat. Los que se quedan son desterrados o postergados y los cuerpos docentes depurados. Para hacernos una idea de los niveles alcanzados por la represión de la dictadura franquista señalar que, en los años que siguieron a la Guerra civil, de 60000 maestros, 15000 fueron expulsados y 6000 sancionados (más de 1/3 del cuerpo). De 1281 profesores de secundaria 205 fueron expulsados (16 %) y 483 sancionados (38 %) (De Lobo, 2007). Las vacantes generadas fueron cubiertas atendiendo más a las afinidades con el régimen franquista de los candidatos que a sus méritos. La ciencia y la tecnología habrían de resentirse durante decenios de estas pérdidas, así como de la reducción en la financiación de la investigación y de la hostilidad del nacional catolicismo triunfante hacia la ciencia moderna (que produce, por ejemplo, la práctica desaparición de la docencia del evolucionismo).

En la dictadura de Stalin se producen persecuciones no sólo por disidencia política. También se prohibieron determinadas teorías (condenando a sus practicantes) por las controversias entre ellas y el materialismo dialéctico (diamat). Estas fueron especialmente graves en genética. Lysenko y sus seguidores defendían que los cambios producidos por el medio en las plantas se podían heredar, oponiéndose a la teoría aceptada por los genetistas del carácter fortuito de las mutaciones. Esto no hubiese sido más que una típica controversia entre científicos, pero Lysenko fue apoyado por Stalin que consideraba que las mutaciones al azar se oponían al determinismo de la evolución, más coherente con las leyes del diamat. En consecuencia, a partir de 1939 Lysenko sustituyó al genetista Vavilov en todos sus cargos. Los genetistas tuvieron que abandonar sus puestos, hacer confesiones de culpabilidad y muchos fueron desterrados, enviados a campos de concentración o simplemente ejecutados. Aquellos que pudieron continuar en sus laboratorios tuvieron que modificar sus líneas de investigación para tratar de demostrar la corrección de las teorías de Lysenko. En 1948 aún proseguía la persecución y Dubinin, el último genetista de reconocido prestigio, fue privado de su laboratorio. Aunque en 1953, a la muerte de Stalin, 300 científicos solicitaron la dimisión de Lysenko, ésta no se consiguió hasta 11 años después.

En física, las leyes probabilistas de la cuántica también entran en conflicto con el determinismo del diamat. Aunque los físicos soviéticos más importantes (Frenkel, Fock, Tamm o Landau) no dudaron en aceptar la interpretación probabilista, los más jóvenes se opusieron a ella. Este conflicto no fue tan cruento como en el campo de la genética, porque se pensó que esto podría retrasar la investigación soviética en física nuclear, produjo confesiones de culpabilidad de físicos acusados de "idealismo burgués", por ejemplo, Frenkel y Khaikin, se realizaron reediciones de libros para adecuarlos a la ortodoxia materialista y pérdida de sus cátedras de algunos físicos como Landau y Lifschitz. También se produjeron incompatibilidades entre diamat y cosmología. Hablar de Universos finitos y de radios del universo, plantea qué existe fuera. Por otra parte, las teorías de un universo en expansión implican que el tiempo tiene un comienzo, sugiriendo un momento de creación y violando la conservación de la materia. Así mismo se resistieron a reconocer la cibernética de Norman Wiener como disciplina científica.

Pero evidentemente no sólo las dictaduras producen efectos negativos sobre la ciencia, también en las democracias hay control de los científicos. Un ejemplo de ello son los EE.UU. en la primera mitad de los años 50 con el inicio de la guerra fría, en especial en el periodo del senador McCarty.

Aunque a los científicos se les expedientaba o citaba ante el comité de actividades antiamericanas por supuesto comunismo, lo cierto es que muchos de ellos tuvieron problemas por su postura en la controversia socio-científica sobre el armamento nuclear. En efecto, la unanimidad de los científicos ante la bomba se rompe cuando, poco después de los lanzamientos de las bombas sobre Japón, Einstein, Bohr y Szilard manifestaron su oposición a la utilización de la bomba, en tanto que Lawrence, Compton y Oppenheimer, director científico del proyecto Manhattan, apoyaron públicamente el bombardeo. Esto evidencia que no es tan sencillo pasarles la responsabilidad sólo a políticos y militares. Y cuando los soviéticos hicieron explotar su propia bomba en 1949 Teller y Lawrence apoyaron ante el gobierno la idea de producir una bomba más poderosa, la de hidrógeno. También hubo científicos, como Oppenheimer, que se opusieron.

En 1946 se constituye el Comité de emergencia de científicos atómicos, destinado a recaudar fondos para otros grupos antinucleares, constituido por Einstein, Urey, Bethe, Morse, Pauling, Seitz, Weisskopf, Szilard, etc. En estos años, la oposición sigue a cargo de científicos importantes, que denuncian los peligros de la proliferación nuclear y señalan que esas armas amenazan la existencia de la humanidad: manifiesto de Einstein y Russell de 1955, apoyado por Pauling, Born, Bridgman, etc.; el manifiesto del grupo de Göttinga de 1958 promovido por Born; las conferencias Pugwahas convocadas por iniciativa de Russell, Einstein y Frederic Joliot-Curie a partir de 1958; etc.

En consecuencia, el FBI abrió dossiers a Einstein, Urey (Nobel de Química en 1934), Weisskopf (fundador de la *Union of concerned scientist* y director del CERN), Szilard, Infeld (discípulo de Einstein y coautor con el mismo de *La evolución de la física*). El astrónomo de Harvard, Harold Shapley, tuvo que testificar ante el comité en 1946. A Edward Condon se le negó el pasaporte en 1945. Oppenheimer se opuso, como hemos dicho, a la producción de una bomba H y, por eso, la *Atomic Energy Commission* en 1954 lo apartó de sus cargos e investigaciones al declararlo un riesgo para la seguridad nacional. A Pauling, premio Nobel de Química de 1954, se le retiró el pasaporte en 1952 por su participación en campañas contra las armas nucleares y por su libro *No more war*. Esto le convirtió en una de las pocas personas que han vuelto a recibir un premio Nobel, el de la Paz de 1962. David Bohm, autor de una teoría cuántica alternativa y descubridor del efecto Aharonov-Bohm, hubo de comparecer en 1949 ante el Comité acusado de simpatizar con el comunismo. Al negarse a declarar fue acusado de desacato al Congreso. No se le renovó su contrato en la Universidad de Princeton y no encontrando trabajo en ninguna otra, tuvo que abandonar en 1951 su país hasta que se le absolvió de desacato en 1961. Más grave fue el caso del ingeniero Julius Rosenberg y su esposa Ethel que, acusados de espías para la URSS, fueron condenados a muerte en 1951 y ejecutados en la silla eléctrica en 1953.

En abril de 1950, en pleno auge de la guerra fría, el Primer Ministro Bidault destituyó a Frédéric Joliot-Curie como Alto Comisionado de la Comisión de Energía Atómica y unos meses más tarde (1951) también fue destituida Irène Joliot-Curie de la Comisión.

También hay casos de censura política, de campañas de desprestigio u obstáculos académicos que han retrasado la publicación o han impedido que se realicen investigaciones que afectaban a los intereses de multinacionales. Así, Rachel Carson tuvo problemas por sus investigaciones sobre el DDT y Clair Patterson, el geólogo que determinó la edad de la Tierra, por sus investigaciones sobre el Pb atmosférico originado por la combustión de gasolina con Pb,

desarrollada por Thomas Midgley (también inventor de los CFCs). El Instituto americano del Petróleo y el Servicio de Salud Pública, cancelaron sus contratos. *Ethyl Corporation* presionó a los directivos de *Caltech* para que le expulsasen y se le excluyó del Consejo Nacional de Investigación

La Comisión Global 2000, nombrada por el presidente Carter para estudiar las perspectivas del planeta para el año 2000 fue disuelta por el gobierno de Reagan al emitir un informe en el que planteaba serios problemas a medio plazo si no se interrumpía el deterioro ambiental. El *Black report* que señalaba la existencia y ampliación de las desigualdades de salud por clase social en Gran Bretaña fue silenciado por el gobierno de Thatcher y sólo fue publicado 10 años después en 1990. En 1998 EEUU llegó a amenazar a la Organización Mundial de la Salud con retirar sus cuotas si ésta investigaba los efectos de las reglas de la Organización Mundial del Comercio sobre la salud (por ejemplo, los precios monopolistas que impone la industria farmacéutica de medicamentos contra el SIDA y otras enfermedades en países del tercer mundo, que ha obligado a estados afectados a amenazar con romper la patente).

Es muy significativo que se hayan producido muchos conflictos en torno a esa verdad incómoda que es el papel de los combustibles fósiles en el cambio climático. Una comisión encontró la oposición y censura del gobierno de George Bush cuando intentó hacer público un informe en que daba por cierto el calentamiento atmosférico debido al incremento de CO₂. George W. Bush consiguió apartar a Robert Watson de la presidencia del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en 2002. James Hansen ha sido detenido varias veces por su activismo en este tema. Es muy reciente el denominado climagate, que se utilizó en 2009 para atacar al IPCC.

O en investigaciones sobre el glifosato, un herbicida de Monsanto, que ha producido muchas plantas genéticamente modificadas (soja, maíz, algodón, etc.), que son resistentes al mismo. Hay estudios de la Universidad de Rosario, la Universidad de Buenos Aires, la Universidad de Colombia y la Universidad de Caen (Francia) que alertaron sobre la relación que habría entre el glifosato y ciertas enfermedades respiratorias, neurológicas y problemas en el embarazo y los científicos que han investigado sobre ellos han tenido problemas, como Gilles-Eric Seralini, Cristian Velot, Andrés Carrasco, etc.

Conclusiones y perspectivas

En primer lugar, hemos tratado de justificar didácticamente que las cuestiones sociocientíficas pueden contribuir a desarrollar el pensamiento crítico de los estudiantes. A continuación hemos utilizado aportaciones de historia y sociología de las ciencias para mostrar que la ciencia es metodológicamente crítica, pero para que se pueda considerar socialmente como pensamiento crítico, tiene que abordar cuestiones con implicaciones sociales y/o cuestionar el discurso o intereses de las clases y poderes dominantes. Esto suele producir, como hemos visto, conflictos o persecuciones de los científicos involucrados.

Estas consideraciones históricas se pueden traducir en cuestiones socio-científicas, que se pueden usar en las clases de ciencias.

En la siguiente entrega se presentarán una serie de cuestiones socio-científicas, mostrando las competencias críticas que se pueden desarrollar con ellas, como se desarrollarían en clase y en que materias.

Referencias

- Aikenhead, G.S. (1994). What is STS science teaching? en J. Solomon y G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*, p. 47-59. New York: Teachers College Press.
- Bowler, P.J. y Morus, I.R. (2005). *Panorama general de la ciencia moderna*, Barcelona: Crítica.
- De Lobo, C. (2007). La depuración de la educación española durante el franquismo (1936-1975). Institucionalización de una represión. *Foro de Educación*, 9, 203-228.
- Díaz, N. y Jiménez-Liso, M.R. (2012). Las controversias socio-científicas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70. <http://rodin.uca.es:8081/xmlui/handle/10498/14624>
- González, M.I., López, J.A. y Luján, J.L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad*, Madrid: Tecnos.
- Habermas, J. (1992). *Ciencia y técnica como "ideología"*. Madrid: Tecnos.
- Halpern, D. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. *American Psychologist*, 53(4), 449-455.
- Jerome, F. (2002). *El expediente Einstein*, Barcelona: Planeta.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Kragh, H (2007). *Generaciones cuánticas*, Madrid: Akal.
- Kuhn T.S, (1975) *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Marcuse, H. (1972). *El hombre unidimensional*, Barcelona: Seix Barral
- Merton, R.K, Needham J et al. (1980). *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Madrid: Alianza.
- Popper, K.R. (1975). La ciencia normal y sus peligros, en Lakatos, I y Musgrave, A (Eds.), *Crítica y conocimiento*, Barcelona: Grijalbo.
- Sadler, T. & Zeidler, D. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making journal of research. *Journal of Research Science Teaching*, 42 (1), 112-138.
- Sánchez Ron J.M. (1999). *Cinzel, Martillo y Piedra*, Madrid: Taurus.
- Sánchez Ron, J.M. (2006) *El poder de la ciencia*. Madrid: Crítica.
- Solbes, J. (1999). Los valores en la enseñanza de las ciencias, *Alambique*, 22, 97-109.
- Solbes, J. (2002). *Les emprems de la ciència Ciència, Tecnologia, Societat: Unes relacions controvertides*. Alzira: Germania.
- Solbes, J. (2009). Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (II): nuevas perspectivas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (2), 190-212. http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen6/Numero_6_2/Solbes_2009b.pdf
- Solbes, J., Ruiz, J.J. y Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique*, 63, 65-76.
- Solbes, J. y Traver, M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química, *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 103-112. <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v14n1p103.pdf>
- Smolin, L. (2007). *Las dudas de la física en el siglo XXI*. Barcelona: Crítica.

- Vieira, M.R., Tenreiro-Vieira, C. y Martins, E. (2010). Pensamiento crítico y literacia científica. *Alambique*, 65, 96-104.
- VV.AA. (1995). La educación ciencia-tecnología-sociedad», nº monográfico, *Alambique*. 3, 3-85.
- Ziman, J. (1986) *Introducción al estudio de las ciencias* Barcelona: Ariel.