

**ALTERNATIVAS PARA REFLEXIONAR ASPECTOS CRÍTICOS DE LA CIENCIA  
EN EL AULA**

**Alternatives To Reflect Aspects Critical Of Science In The Classroom  
Alternativas para refletir aspectos críticos da ciência na sala de aula**

---

**Jordi Solbes Matarredona<sup>1</sup>  
Nidia Yaneth Torres Merchán<sup>2</sup>**

**Fecha de recepción:** noviembre 2014

**Fecha de aceptación:** junio 2015

**Doi:** 10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a3

---

**RESUMEN**

Este artículo forma parte de una investigación sobre el uso de Cuestiones socio científicas, para promover competencias de pensamiento crítico, en estudiantes del ámbito universitario. Una primera parte, presenta las consideraciones que dan un grupo de estudiantes de formación docente acerca de la criticidad de la ciencia y lo que entienden por una ciencia crítica. También se presenta y discute algunos científicos perseguidos por sus contribuciones científicas con implicaciones sociales o cuestiones sociocientíficas.

**Palabras clave:** Ciencia crítica, Implicaciones sociales, cuestiones socio-científicas

**ABSTRACT**

This article is part of an investigation into the use of scientific social issues, to promote critical thinking skills in students of the university. The first part presents the considerations leading a group of students of teacher training about the criticality of science and what they mean by a critical science. It also presents and discusses some scientists persecuted for his scientific contributions to social implications or scientific social issues.

**Keywords:** Science Review, socio-scientific social implications, social issues.

---

<sup>1</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universitat de València: Contacto: [jordi.solbes@uv.es](mailto:jordi.solbes@uv.es)

<sup>2</sup> Facultad de Educación. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Contacto: [nidia.torres@uptc.edu.co](mailto:nidia.torres@uptc.edu.co)

## RESUMO

Este artigo é parte de uma investigação sobre o uso de questões sociais científicas, para promover habilidades de pensamento crítico dos estudantes da universidade. A primeira parte apresenta os motivos que levaram um grupo de estudantes de formação de professores sobre a criticidade da ciência e o que eles querem dizer com uma ciência crítica. Ele também apresenta e discute alguns cientistas perseguidos por suas contribuições científicas para implicações sociais ou questões sociais científicas

**Palavras-chave:** Science Review, implicações sociais sócio-científicas, socioscientific issues.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desprende de una investigación, efectuada por los autores sobre el uso de cuestiones sociocientíficas (en adelante CSC) para promover competencias de pensamiento crítico (Solbes y Torres 2013; Torres 2014). En esta investigación se propone que para considerar la ciencia como pensamiento crítico, se hace necesario abordar cuestiones científicas con implicaciones sociales (es decir, cuestiones sociocientíficas, CSC) que cuestionan el discurso o intereses de las clases y poderes dominantes, produciendo conflictos a los científicos implicados como Galileo, Charles Darwin, Nikolái Vavílov, Rachel Carson, Andrés Carrasco, Robert Belle y Gilles–Eric Seralini, estos últimos por revelar los efectos del glifosato en el ambiente y la sociedad. De igual forma, se pierde el carácter crítico de la ciencia si no hay un rechazo a los intereses individuales que no responden a necesidades sociales y colectivas.

El hecho que la ciencia promueva el cuestionamiento, implica un esfuerzo para desafiar opiniones, ideas o creencias. Esto requiere reflexiones de la historia de las ciencias, sus implicaciones sociales, las persecuciones científicas y las condiciones institucionales que promueven intereses individuales. Lo anterior, justifica espacios dialógicos en el aula que desafíen el pensamiento de los estudiantes y docentes que pueden ser abordados desde las CSC, (Acar, Turkmen y Roychoudhury, 2010; Zeidler, Sadler, Simmons y Howes, 2005). Por tanto, consideramos que la ciencia se hace crítica si aborda una dimensión ética como se justificaba en la competencia IV planteada en la investigación por los autores (Solbes y Torres 2013; Torres 2014)

El avance de la ciencia ha estado vinculado al pensamiento crítico que desafía los discursos dominantes. De lo contrario, estos se fijan como verdades absolutas y, con ello, cierran espacios de discusión, imposibilitando el avance del conocimiento. Esta

perspectiva, hace énfasis en el cuestionamiento de los hechos observables, aspecto también importante en la evolución de la ciencia, junto al enfrentamiento con situaciones difíciles que superan visiones lineales (Kuhn, 2010; Dawson y Venville, 2010; Osborne, 2010).

Un ejemplo ya conocido lo constituye Galileo Galilei que, al alejarse del pensamiento de su época, rompió con la teoría aristotélica que apoyaba la visión cristiana del mundo. También las contribuciones de científicos como Charles Darwin, acusado por contradecir las doctrinas de la iglesia en temas como el origen del hombre y de la vida, el caso de A. Einstein, B. Russell, L. Pauling, Oppenheimer, M. Joliot-Curie por denunciar los peligros de la proliferación nuclear y señalar que esas armas amenazan la existencia de la humanidad, o los investigadores en células embrionarias en casos concreto Bernadine Healy, James Thomson quienes refieren implicaciones de este tipo de células.

También hay casos de censura política, de campañas de desprestigio y obstáculos académicos que han retrasado la publicación o han impedido que se realicen investigaciones que afectaban a los intereses de multinacionales. Así, Rachel Carson por sus investigaciones sobre el DDT o Clair Patterson, por sus investigaciones sobre el Pb atmosférico, que provenía de la gasolina con Pb. El Instituto americano del Petróleo, el Servicio de Salud Pública, cancelaron sus contratos. Y la *Ethyl corporation* presionó a los directivos de Caltech para que le hiciesen callar o les expulsasen además de excluirle e una comisión del consejo Nacional de Investigación. Algo similar sucedió con Jeffrey Wigand quien denuncia la manipulación intencional de nicotina en la *Brown and Williamson Tobacco Corporation* donde fue expulsado y perseguido. Otros ejemplos de esta índole se presentan en la Tabla 2.

Los anteriores ejemplos, ilustran la necesidad de insistir en la profundidad que debe realizarse para la interpretación de los problemas y la evolución de la ciencia en el aula, ha de dejarse de lado el conformismo, con explicaciones superficiales y prejuicios personales. Por el contrario, se deben utilizar principios causales, revisión de la información, posturas creativas e inquietantes que les permitan superar visiones neutrales y cerradas, además de considerar las implicaciones éticas y sociales alrededor de temas científicos que superen intereses individuales y económicos.

Desde esta mirada, en este escrito se describen las consideraciones que dan un grupo de estudiantes universitarios acerca de la criticidad de la ciencia y lo que entienden por una ciencia crítica. También, se presenta y discute algunos científicos perseguidos por sus contribuciones científicas, que dan lugar a CSC.

El abordaje de estos aspectos en el aula es una oportunidad para que los estudiantes comprendan la importancia de una ciencia crítica, que forma parte de la libertad académica, en la

que se generan hipótesis, preguntas y se desarrollan investigaciones. Así mismo, es relevante discutir los casos en los que se han utilizado errores y fraudes publicados en revistas especializadas o el desprestigio de investigaciones, como es el caso de Andrés Carrasco, este científico señalaba en entrevistas proporcionadas a medios de comunicación, como el diario el País<sup>3</sup> que, en muchos casos, la misma comunidad científica ignora la evidencia o la malinterpreta. También, manifiesta que las mismas empresas imponen el tipo de ciencia e investigación científica que debe hacerse. Por tanto, este escrito destaca la necesidad de fortalecer el pensamiento crítico desde la enseñanza de las ciencias para valorar el tipo de investigaciones actuales y juzgar los impactos de las mismas.

## **METODOLOGÍA**

-Valorar si los estudiantes ven la ciencia crítica o metodológicamente crítica, para ello se plantea el siguiente cuestionamiento: ¿La ciencia es crítica?

-Discutir las contribuciones y los conflictos de científicos como: Nicolás Copérnico, Galileo, Darwin, Nikolái Vavilov, Odon de Buen, Einstein, Schrödinger, Pauling, Oppenheimer, Irene Joliot-Curie, Rachel Carson, Andrés Carrasco, Robert Belle y Gilles–Eric Seralini, Rodolfo Paramo y Jorge Kaczewer, Alejandro Oliva, Adolfo Maldonado, Federico Paggi y Rick Relyea y Jaime Fernando Gonzales Mantilla, Dario Gianfelici, Cristian Velot, James Hansen, José Royo, Blas Cabrera, Enrique Moles

### **Participantes**

En esta actividad participaron 56 estudiantes de un programa de formación como licenciados en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de una universidad Colombiana que cursaban la asignatura Didáctica de las ciencias en el año 2012. El 19.6% son hombres y el 80.4%, mujeres. Estos participantes fueron los colaboradores en el programa de intervención sobre pensamiento crítico y CSC (Torres, 2014), lo presentado en este escrito corresponde a la guía de contextualización desarrollada en grupos de trabajo de 3 y 4 estudiantes, en 2 sesiones de 120 minutos c/u.

En el caso del primer aspecto mencionado, también se presentan los resultados hallados con 47 estudiantes de la Facultad de Magisterio en la Universidad de Valencia, el 10,6% son hombres y el 89,4%, mujeres, quienes cursaban la asignatura de Historia de las ciencias y del currículum de Ciencias, donde se trató el cambio del modelo

---

<sup>3</sup> <http://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-124288-2009-05-03.html>

geocéntrico al de Copérnico, la oposición a Galileo y Darwin y en la Ciencia moderna, se ven las persecuciones de científicos en dictaduras y en la democracia y falacias en relación con las centrales nucleares. La actividad fue desarrollada de manera individual.

Para presentar las intervenciones de los participantes se utilizara la denominación EC (estudiante Colombiano) y EE (Estudiantes Español).

Lo anterior con el objetivo de promover una contextualización, acerca del pensamiento crítico y las CSC.

## RESULTADOS

### Es la ciencia crítica o metodológicamente crítica

Al formular esta pregunta al grupo de estudiantes participantes se obtienen opiniones afirmativas y negativas como lo presenta la siguiente tabla.

**Tabla 1. % de respuestas de la pregunta: ¿La ciencia es crítica? De razón de su respuesta**

	Sí, es metodológicamente crítica	Sí, aborda CSC	No o NS/NC	Depende de la persona que hace ciencia
EC (N=56)	38,6%	21,4%	23%	21%
EE (N=47)	70,2%	25,5%	4,3%	0%

En el caso de los estudiantes colombianos, la mayoría de ellos (un 60%) dieron razones afirmativas. El 38,6% se puede desglosar en un 17,2% indican el uso de métodos y técnicas para hacer ciencia, y un 21,4% señalan que la permite espacios para la autonomía, reflexión y opinión. Entre el 23% que señalan que no es crítica, la principal razón es que promueve necesidades de consumo. De ese 17,2% es bastante representativa la siguiente afirmación:

EC1: “Sí porque nos permite investigar sobre fenómenos o teorías, a partir de diferentes métodos y técnicas. Es crítica porque la ciencia es una búsqueda continua de saberes que permite debatir si es cierta o no llegando a conclusiones con el fin de que la entendemos y sepamos su objetivo en la sociedad”.

Es sintomático que el porcentaje de estudiantes españoles y colombianos que considera crítica a la ciencia cuando aborda CSC sea similar: 25,5% y 21,4% respectivamente. Esto pone de manifiesto que pese a la intervención realizada por los investigadores, en el resto de las materias de las respectivas carreras, las CSC están bastante ausentes. El elevado porcentaje de estudiantes españoles (70,2%) que indican que la ciencia es metodológicamente crítica, puede ser debido a que además se utilizó el método científico como una forma de probar afirmaciones

utilizando la experiencia del plano inclinado de Galileo. Ven así que la ciencia cuestiona las creencias o argumentos subjetivos provenientes de una autoridad.

En estas afirmaciones, los estudiantes señalan que los enunciados de la ciencia tienen que probarse con experiencias y observaciones. Desde esta perspectiva, se evidencia que la ciencia es metodológicamente crítica, pues permite llegar a conclusiones. Sin embargo, desde una perspectiva sociocultural las teorías de las ciencias son construcciones humanas que no pueden ser consideradas simples observaciones sistemáticas de la naturaleza, como lo señala (Martínez, 2010).

También, los participantes destacan algunos planteamientos como el uso de pruebas y el cuestionamiento de las ideas, características importantes del pensamiento crítico; sin embargo dejan de lado aspectos sociales y contextuales de la misma, que evitarían una visión dogmática y descontextualizada de la ciencia. Algunos ejemplos:

EE19. Sí, la ciencia es pensamiento crítico por diversos motivos. En primer lugar, porque se basa en la evidencia empírica, es decir, pueda experimentar y repetirse por otros experimentadores, llegando a los mismos resultados (con la mayor exactitud y fiabilidad posible). Además, se centra en el razonamiento lógico, pues se razona con objetividad, sin tener en cuenta creencias o argumentos subjetivos o que provengan de alguna autoridad, evitando así, el conformismo o estandarización. También podemos decir que la ciencia es pensamiento crítico porque se cuestiona constantemente las ideas, reformulándose nuevas preguntas y poder llegar al resultado correcto

EC12: “Sí la ciencia es una manera de poner en duda determinado objeto o cualquier cosa que se encuentre dentro de esta tierra y aun fuera de ella. Se cuestiona la manera y el porqué de esta. Indaga, pregunta y busca encontrar una posible solución, contando con los materiales y la tecnología que tiene. Además, no se conforma con los argumentos ya dichos sino que cuestiona cada uno de ellos, utilizando la investigación como medio facilitador para mejorar sus teorías. En pocas palabras, la ciencia es crítica pues da a conocer sus argumentos, formas de analizar y pensar a través de la investigación, el cuestionamiento, la comparación y la indagación de dicho tema o creación”.

De la misma manera, se observan apreciaciones como las de EC18 y EE12 en las que se mencionan que la ciencia permite formular leyes y teorías. Consideramos que la ciencia no solo debe proponerse para explicar hechos de validez, sino que también debe contribuir a la satisfacción de necesidades sociales, la humanización de la ciencia, y a la solución de los problemas del mundo, (Solbes, 2013; Merchan y Altuzarra 2014).

EE12. Por otra parte hay que decir que la ciencia ayuda (y es en sí) un pensamiento crítico, ya que gracias al método siempre se pone en cuestión lo que creemos como cierto, y en que uno de sus objetivos es que cualquiera puede repetir el experimento para comprobar si el resultado se da siempre igual, por lo que se demuestra su universalidad.

EC18: “La ciencia es crítica porque para llegar a formular una ley o una teoría se requiere que esta sea comprobada con fundamentos válidos con los cuales se puede llegar a falsear o validar dicha ley o teoría”.

Como indica EE18 y la intervención del estudiante EC12, el hecho de que la ciencia pueda corregir sus deficiencias, permite avanzar en la búsqueda de la verdad y mejorar la construcción de conocimientos. Este planteamiento destaca lo que señala Popper (1972): la base del progreso del conocimiento científico es la constante búsqueda de la crítica que significa ser puesto a prueba. Esto hace que se generen contradicciones y nuevos problemas significativos en el avance de la ciencia.

Respuestas como la de EC14 y EE33, quienes consideran que la ciencia tiene intereses económicos que direccionan las investigaciones por ejemplo productos como armas biológicas, generación de medicamentos.

EC14: “La ciencia tal vez empieza a tener crítica desde su necesidad de resolver una pregunta, resolver problemas o satisfacer las necesidades de la sociedad; ahora cabe anotar que en muchos de los casos los actores directos de la ciencia desde sus aspectos intelectuales y económicos no hacen evidente su crítica, esto se evidencia en los experimentos y productos que acaban con la calidad de vida. Un ejemplo, se da en el lanzamiento de la bomba atómica, el ántrax, el uso de fármacos con efectos secundarios”.

EE33 La ciencia... es crítica, ya que en su entorno, las sociedades tienen intereses. Por tanto, ya sea en religión, donde la ciencia discrepa con el discurso dominante de la iglesia... O en política, donde dependiendo de quién tiene el poder... se decide si se investiga una cosa o se deja de investigar. Por ejemplo, se puede utilizar la ciencia para descubrir la cura de algunas enfermedades o para crear armas más potentes. Y los científicos, que son los que hacen la ciencia, también tendrán sus inclinaciones hacia un lado o hacia otro.

Este tipo de planteamientos propuestos por los estudiantes permiten analizar el tipo de problemas que resuelve la ciencia y valorar si están abiertos a las necesidades sociales como los medicamentos, vacunas o, por el contrario, solo atiende a necesidades particulares en productos de consumo, tales como los productos de belleza.

EC55. Si pero, es importante mirar si lo que genera la ciencia va a favorecer a las personas y al ambiente, por ejemplo son importantes las investigaciones que se hacen para disminuir la contaminación y terminar con las enfermedades: cáncer, epidemias etc; pero si por el contrario solo promueven el consumismo con la publicidad, no se actuaría con pensamiento crítico, por eso es importante que como futuros profesores generemos la capacidad de preguntarnos que consumimos y que nos permita ver lo bueno y lo malo de esos productos.

Otras afirmaciones negativas, señaladas como la de EC37 están relacionadas con las necesidades de consumo y el interés económico que hacen las instituciones.

EC37: “Creemos que el aspecto crítico que maneja la ciencia es muy básico y casi nulo puesto que, generalmente, la ciencia se preocupa de avanzar de acuerdo con las necesidades individuales de consumo que tiene las

personas pero no tiene en cuenta las consecuencias de ésta en la sociedad. En muchos casos, saca nuevas modas útiles pero no fundamentadas en sus pros y contra que tiene y logra unas mejores economías para la industria. No permite que la sociedad, en general, participe en este proceso ya que esta actividad se ha delimitado a personas que viven en un laboratorio o industrias”.

En este sentido, en la intervención anterior, se observa un rechazo a los intereses individuales que no responden a necesidades concretas. Más bien, éstos dependen de las utilidades que puedan recibir, como el crecimiento monetario que generalmente satisface deseos individuales, como indica Nuñez (s.f.). Este autor también afirma que los poderes políticos y militares, la gestión empresarial, los medios de comunicación masiva, descansan sobre pilares científicos y tecnológicos. Al igual que la vida del ciudadano, está totalmente influida por los avances tecno-científicos por lo que se hace necesario pensar sobre el avance del conocimiento científico y tecnológico. De igual forma este planteamiento permite destacar lo referido por Habermas (1981), el conocimiento científico se ha direccionado para satisfacer necesidades de mercado, alejado de un proceso emancipativo y de auto constitución del género humano.

El EC38, manifiesta que la ciencia, regida por ciertos principios y orden, está alejada de ser crítica. En muchos casos, contribuye solo a tener visiones simplificadas, dejando de lado su valor como construcción cultural.

EC38: “La ciencia, como tal, no es crítica en nuestro concepto. Se trata de una disciplina que está sujeta a un orden de forma determinada. Esa serie de parlamentos establecidos no la deja ser crítica. Solo muestra unos resultados pero no su relevancia en un contexto. En la enseñanza de la ciencia puede hacerse una crítica a la ciencia y, a partir de estos parámetros, hacer una profundización en lo que la ciencia nos sirve en la cotidianidad”.

Otras las vinculan con la docencia:

EE40. Sí, y de hecho es la asignatura de ciencias una de las que se encarga de desarrollar en los alumnos el pensamiento crítico, porque es una de las competencias de la enseñanza obligatoria. La ciencia es metodológicamente crítica en su método, ya que realiza elecciones racionales y juicios fundamentados como elementos de las decisiones que se toman para resolver problemas. La ciencia muestra su pensamiento crítico al cuestionar la validez de los argumentos, al rechazar conclusiones no basadas en razones válidas, al detectar errores de pensamiento y al comprobar la credibilidad de las fuentes de información.

Se resalta que la enseñanza de las ciencias es una posibilidad para comprender la ciencia como construcción humana y hacer crítica la ciencia desde valoraciones de implicaciones sociales e históricas. En este sentido, Solbes (2013) señala que la ciencia

es metodológicamente crítica. Para que se pueda considerar como pensamiento crítico y actuar socialmente como tal, tiene que abordar CSC.

Algunos planteamientos que consideran 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, son los siguientes:

EE34. La ciencia se trata de un pensamiento crítico porque dentro de una sociedad la forma en la que se planteen los conocimientos científicos puede contribuir a que la sociedad mejore, cambie o incluso, puede ser la causa de movimientos o revoluciones sociales que hasta la actualidad han marcado la historia. Por esta razón la ciencia se encuentra al alcance de cambios políticos, económicos, de poder y sociales. A lo largo de la historia encontramos múltiples científicos que han planteado teorías o métodos que con el paso del tiempo han sido refutados por los avances de la ciencia. Algunas de estas teorías han sido apoyadas o financiadas por sectores concretos de la sociedad porque de alguna forma les interesaba... Por ejemplo, el creacionismo continuo siendo apoyado aunque la experimentación científica lo refute.

EE38. Así mismo, la ciencia se opone a las creencias aceptadas en la sociedad, ya sean religiosas o no, e incorpora la duda y la reflexión constante mediante continua preguntas sobre los fenómenos que nos rodean. Ejemplos de esto son el modelo heliocéntrico de Copérnico, la teoría de la evolución de Lamarck y la posterior de Darwin y Wallace o la crítica de las centrales nucleares.

### **La influencia del contexto en lo crítico de la ciencia**

Otra actividad que también se planteó a los estudiantes para discutir la influencia del contexto en la criticidad de la ciencia, fue la de proporcionar lecturas referidas a la vida de Galileo y Einstein, para analizar algunas convergencias y divergencias de estos científicos.

Los estudiantes señalan algunas convergencias por ejemplo los dos científicos:

- Se basan en aportes e influencias de los predecesores científicos o teorías científicas
- Los dos científicos utilizaron las matemáticas
- A partir de los experimentos trataban de comprobar lo que buscaban
- Se caracterizan por la búsqueda constante a sus preguntas, no desisten de sus ideas

Dentro de las divergencias señalan que Galileo no tuvo un ambiente propicio de libertad para ejercer su vocación científica frente al poder de la iglesia. También manifiestan que una de las discrepancias entre los científicos es precisamente la época en que los científicos realizaron sus investigaciones. Señalan cómo la investigación científica está limitada por el poder que, en el caso de Galileo, es la autoridad de la iglesia.

Algunos como EC51, hacen evidente que el logro de sus investigaciones se da porque superan concepciones antiguas.

EC51: “La noción conservadora de Aristóteles rechazaba la tesis de Copérnico de la movilidad de la Tierra alrededor del Sol que Galileo había demostrado. También Einstein tuvo en una teoría que buscaba la simplicidad y unía las leyes de la naturaleza”.

EC30: “Galileo fue, desde nuestro punto de vista, uno de los primeros en utilizar el método científico desde que comenzó, por lo que hizo grandes aportes de la ubicación del Sol y que la Tierra giraba a su alrededor. Galileo era una persona curiosa debido a su duda de ir más allá de lo que hacía, hasta el punto de ir en contra de la religión por refutar las teorías antiguas. Einstein hizo importantes descubrimientos que revolucionarían la ciencia, la filosofía y la física del siglo XX”.

En una tercera actividad propuesta a los participantes en una guía sobre pensamiento crítico y cuestiones sociocientíficas, se les pedía a los estudiantes que indagaran sobre las contribuciones y los conflictos en los que se habían implicado algunos científicos, que podrían utilizarse desde el enfoque de las CSC. Por ello, en el siguiente segmento se presenta una síntesis de lo trabajado.

### **Científicos perseguidos por sus contribuciones científicas o por motivos políticos y económicos**

En esta actividad se discutieron aspectos con relación a hechos que pueden tener impacto en la salud pública. Entre ellos se pueden citar las implicaciones que tienen ciertos productos de Monsanto, Novartis y Bayer. Lo ideal sería divulgar consecuencias de esos productos pero es evidente que algunas empresas o personas difícilmente lo hacen por diversos intereses.

Esto permitió discutir las persecuciones de científicos como Rachel Carson, Andrés Carrasco, Robert Belle, Gilles Eric Seralini. A partir de sus investigaciones, los científicos anteriores han denunciado las consecuencias de los agros tóxicos. Por ello, en muchos casos, sus investigaciones han sido descalificadas.

Este análisis permitió examinar varios documentos como el estudio realizado por la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas CICAD en el año 2005. Fue realizado por un equipo investigador de distintas universidades señalan que las exposiciones al glifosato y sus adyuvantes, tal y como se usan en los programas de

erradicación de amapola no causan efectos adversos *agudos en las personas expuestas por diferentes rutas.*

Afirmaciones como éstas se constituyen en aspectos controvertidos con otras investigaciones independientes, como las de Andrés Carrasco, Rafael Paramo, Jorge Kaczewer y Gilles-Eric Seralini quienes muestran que el glifosato interfiere en el metabolismo enzimático de todos los vertebrados y produce malformaciones congénitas.

En otro tipo de investigaciones, como la de Gilles-Eric Seralini de la universidad de Caen en Francia, se confirman los efectos letales del herbicida en células humanas de embriones, placenta y cordón umbilical. Estos hechos alertan sobre sus consecuencias sanitarias y ambientales, y exige la realización de estudios públicos sobre transgénicos y agro-tóxicos. Sus investigaciones demuestran que el consumo de la soya transgénica, fumigada con glifosato, provocan ciertas modificaciones a nivel embrionario. Al igual que otros científicos, como Andres Carrasco, Rafael Paramo, Jorge Kaczewer, Gilles-Eric Seralini, Arpad Pusztai; ShivChopra, han sido objeto de señalamiento y campañas de desprestigio en sus estudios.

Así como este ejemplo, en el siguiente cuadro se proponen diversos científicos que han sido perseguidos por sus contribuciones científicas y que pueden ser utilizados en las clases de ciencias para promover las implicaciones de una ciencia con sentido crítico.

CIENTIFICO	CONTRIBUCIONES	CUESTION SOCIOCIENTIFICA	CONSECUENCIAS
Nicolás Copérnico	Polonia. Teoría heliocéntrica del sistema solar.	Desde su teoría cuestionaba la astronomía de Aristóteles, defendida por la Iglesia	Su libro, publicado el año de su muerte, fue incluido en el Índice de libros prohibidos
Galileo Galilei	Observaciones astronómicas en favor del sistema copernicano La ciencia del movimiento	Sus observaciones ponen en cuestión frases de la Biblia que no se pueden afirmar como verdades. Esto implicaba poner en duda la autoridad de la Iglesia.	En 1610 fue advertido por la Inquisición y en 1632 fue juzgado, amenazado con tortura, y obligado a abjurar. Su <i>Diálogo</i> fue incluido en el <i>Índice</i> , hasta 1835. Su condena se ha prolongado hasta 1992.
Charles Darwin	Inglaterra. Teoría de la Evolución	Contradicción a las doctrinas de la Iglesia tales como el origen del hombre y de la vida.	Él no fue perseguido, aunque su teoría lo fue en países como España (de Buen) y continúa siéndolo en algunos estados de EEUU y en países islámicos.
Nikolái Vavílov	Rusia. Ley de las series homólogas de variación.	Defensa de la genética, que se oponía al lamackismo de Lysenko, apoyado por Stalin.	Condenado a trabajos forzados en Siberia donde muere.
Odón de Buen	Introdujo las doctrinas darwinistas en España. Fundador de la oceanografía y director del Instituto oceanográfico.	Conflictos con el obispo de Barcelona por promover la teoría de Charles Darwin. Defensor de la legalidad republicana	Despido de su cátedra en la universidad. Se le reestablece en ella por presiones de los estudiantes. Fue encarcelado por los franquistas, canjeado por otros

CIENTIFICO	CONTRIBUCIONES	CUESTION SOCIOCIENTIFICA	CONSECUENCIAS
			prisioneros y exiliado a México, donde fallece.
Albert Einstein	Teoría especial y general de la relatividad Física cuántica (efecto fotoeléctrico, emisión estimulada, estadística de Bose-Einstein)	La física aria cuestiona la física relativista y cuántica Era judío, pacifista y de izquierdas Funda el Comité de Emergencia de Científicos Atómicos (CECA) y manifiesto Russell-Einstein, cuestionando el uso de armas nucleares	Persecución por la dictadura nazi y exilio de Alemania  Persecución en EEUU por el FBI que le abre un expediente
Erwin Schrödinger	Cuatro artículos base de la mecánica ondulatoria y del modelo cuántico del átomo.	Sin ser judío, cuestiona en 1933 la política antisemita de Hitler Cuando Austria es ocupada por Alemania en 1938 fue cuestionado	Exilio de Alemana  Persecución por los nazis en Austria y exilio a Irlanda
Robert Oppenheimer	Director científico del proyecto Manhattan y “padre” de la bomba atómica	Se opuso a producir una bomba más poderosa, la de hidrógeno	Fue juzgado por el comité de Actividades Antiamericanas en 1954 y apartado de sus cargos
Linus Pauling	Naturaleza cuántica del enlace químico	Miembro de CECA y firma manifiesto Russell-Einstein, Cuestiona las explosiones nucleares en la atmosfera	Su pasaporte fue confiscado en 1952 En 1955 fue citado a comparecer frente al subcomité de Seguridad Interior del Senado.
Irène y Frédéric Joliot-Curie	Descubrimiento de la radiactividad artificial	Participación en la llamada de Estocolmo contra el armamento nuclear	En 1950, el Primer Ministro Bidault destituyó a Frédéric como Director de la Comisión de Energía Atómica y en 1951 a Irène
Rachel Carson	Estados Unidos. Denuncio los efectos del DDT sobre la vida silvestre.	Denuncias contra multinacionales Gracias a las denuncias se promovió la creación de la Agencia de Protección Ambiental. En 1972 se prohibió el DDT.	Persecución por parte de las compañías de los productos químicos.
Andrés Carrasco	Argentina. Investigaciones independientes acerca del efecto del glifosato en los embriones humanos.	Denuncia contra multinacionales químicas	Amenazas anónimas, campañas mediáticas de desprestigio y presiones políticas. Se negó la existencia de sus investigaciones.
Robert Belle y Gilles – Eric Seralini	Francia Investigaciones acerca del glifosato. Denuncia de que el glifosato formulado provoca las primeras etapas de la cancerización y causa la muerte celular		
Rodolfo Paramo y Jorge Kaczewer	Argentina. Denuncia malformaciones genéticas producto de las fumigaciones del glifosato. Demuestran que el glifosato produce la inhibición del ácido fólico y el cuerpo humano		
Alejandro Oliva	Argentina. Encontró “relaciones causales de casos de cáncer y malformaciones infantiles entre los habitantes expuestos a factores de contaminación ambiental, como los agroquímicos”.	Denuncia multinacional Monsanto Denuncia multinacional químicas	Refutación de sus investigaciones por autoridades públicas y  Falta de apoyo económico en sus investigaciones
Adolfo Maldonado (Ecuador) Federico Paggi y Rick Relyea (EE.UU.) y Jaime Fernando Gonzales Mantilla (Colombia)	Estados Unidos. Denuncian que el glifosato es altamente toxico para animales y personas. Indican los efectos adversos en todas las categorías estándar de toxicología: subcrónicos, crónicos, carcinogénicos, muta génicos y reproductivos		

CIENTIFICO	CONTRIBUCIONES	CUESTION SOCIOCIENTIFICA	CONSECUENCIAS
Dario Gianfelici (Argentina)			
Cristian Velot	Francia. Realizó un debate sobre los transgénicos, utilizando la transformación básica y médica utilizando la industria alimentaria	Denuncia los impactos de los transgénicos.	Fue acusado por haber participado en la oposición pública de la materia en la OMG. Se comprobó que no era verdad
James Hansen	Predijo que la fauna y la flora desaparecerán si continúa el calentamiento global. Realizó una gran contribución al estudio del calentamiento global. Física del cambio energético	Denuncia de las consecuencias del uso de combustibles fósiles. Exigencia de un cambio de las políticas energéticas	Prohibición de dar conocer sus ideas en medios de comunicación. Alteración de testimonios.
José Royo y Gómez	Contribuyó a la organización de los servicios geológicos de Colombia y Venezuela. Importantes contribuciones en la investigación geológica de Colombia.	Fue diputado republicano	Condenado a muerte por el gobierno fascista de Franco se exilió a Colombia en 1939 y después a Venezuela en 1951 donde fallece
Blas Cabrera	Realizó importantes contribuciones en el campo de las propiedades magnéticas de la materia. Participo en congreso Solvay 1930	Defensa de la legalidad republicana	Fue depurado como catedrático por el bando franquista, sin garantías procesales. Exilio en México, donde fallece
Enrique Moles Ormella	Fue reconocido internacionalmente por sus trabajos de determinación de los pesos atómicos.	director general de pólvoras y explosivos del gobierno republicano	Se exilió en Francia, y a su regreso a España en 1941 fue encarcelado siendo liberado en 1945. Nunca recuperó su cátedra y tuvo que trabajar en laboratorios privados

**Tabla 2:** Científicos perseguidos

De la misma manera, este aspecto se constituye en una oportunidad para conocer más acerca de la ciencia colombiana o española, aspecto que si se ignora da una visión WASP de la ciencia y dificulta el arraigo de la misma en los países que no son primeras potencias científicas (Solbes y Traver, 1996 y 2003). Se pueden abordar las contribuciones importantes en el campo científico de Jorge Reynolds, Salomón Hakim, Emilio Yunis, Martha Lucía Guardiola, Carmenza Duque Beltrán, Dolly Montoya, Luis E. García, Pedro Prieto, Raúl Cuero, Rodolfo Llinas. También se puede analizar y reconocer los aportes científicos de algunas instituciones como Cenecafé (Segura, 2002).

A continuación se presentan algunos científicos de origen colombiano que han dado contribuciones importantes a la ciencia.

CIENTÍFICO	PROFESIÓN	CONTRIBUCIONES
Jorge Reynolds	Ingeniero eléctrico	Inventó el marcapasos
Adriana Ocampo Uriá	Astrónoma y Geóloga	Responsable de misión robótica en la NASA
Martha Cecilia Gómez	Veterinaria	Investigaciones en especies en peligro de extinción.
Salomón Hakim	Médico	Contribuciones a la neurología y la neurología, Fue el descubridor del síndrome de hidrocefalia normotensiva. Desarrolló una válvula para su tratamiento.
Manuel Elkin Patarroyo	Médico	Desarrolló la primera vacuna sintética contra la malaria

Emilio Yunis	Genetista	Contribuciones a la genética humana y a la genética médica
Nelson Sabogal	Ingeniero	Investigaciones relevantes sobre la capa de ozono
Juan Pablo Hineztroza	Ingeniero Químico	Contribuciones en nanotecnología
Carmenza Duque Beltrán	Química	Importantes contribuciones a la química de productos naturales
Dolly Montoya Castaño	Ingeniera farmacéutica	Desarrollo de productos biotecnológicos
Rodolfo Llinás Riascos	Medico	Grande aportes a la Neurociencias
Jairo Quiroga Puello	Químico	Síntesis de sustancias orgánicas para combatir hongos, tumores, tuberculosis e incluso algunos virus.
Pedro Prieto Pulido	Físico	Investigaciones sobre astronomía y ciencia de los materiales
Raúl Gonzalo Cuero Rengifo	Microbiólogo	Inventor de elementos que quitan tóxicos de la tierra. Inventor de material antibacteriano.
Ángela Restrepo	Bacteriología	Efectos del <i>Paracoccidioides brasiliensis</i> , nombre científico del hongo.
Francisco Javier Lopera	Neurólogo	Investiga sobre la enfermedad de Alzheimer y de Parkinson
Nubia Muñoz Calero	Medico	Investigación sobre Cáncer del papiloma Humano
Moisés Wasserman	Bioquímico	Investigaciones en Enfermedades Tropicales
Jaime Garzón Ferrería	Biólogo Marino	Investigaciones en arrecifes de coral
Luis Fernando García	Medico	Bases moleculares celulares sobre la Tuberculosis
Juan Pablo Negret Arboleda	Físico	Física experimental de altas energías

**Tabla. 3.** Algunos Científicos colombianos con importantes contribuciones

Así mismo, en España se realizó un trabajo por los estudiantes en el que, además de los científicos antes mencionados se habla de Diego de Zúñiga, de la Universidad de Salamanca que acepta las ideas de Copérnico en 1584, de Jerónimo Muñoz que escribió el "*Libro del nuevo cometa*" (1573), sobre la supernova de ese año, citado por Tycho Brahe y Galileo. Domingo de Soto, de Salamanca, identificó en 1572 (antes de que Galileo) el movimiento de caída de graves con el movimiento uniformemente acelerado. En Medicina destacaron Miguel Servet, que sugirió la teoría de la circulación menor de la sangre y Pedro Jimeno y Luis Collado, defienden la nueva anatomía de Vesalio. En la Ilustración (s. XVIII) destacan Antonio de Ulloa y Jorge Juan, que participan en la expedición organizada por científicos franceses para medir en Perú el arco del meridiano terrestre. En el campo de la química destacan Fausto de Elhuyar, que descubrió junto con su hermano Juan José el tungsteno o wolframio, Andrés del Río, que descubrió en un mineral mexicano el vanadio en 1801 y Antonio de Ulloa que contribuyó al descubrimiento de platino. En botánica Antonio José Cavanilles que se formó en París con Jussieu y que en 1801 fue nombrado director del Jardín Botánico de Madrid. En el XIX destacan en Medicina Maestre de San Juan y Lluís Carracido, que introdujeron la histología en España, Jaume Ferran, que descubrió la vacuna contra el cólera y Ramón y Cajal, cuya contribución al estudio de las neuronas fue reconocida con el Premio Nobel

de Medicina de 1906. Así mismo, cabe destacar la labor matemática que realizó el ingeniero y literato José Echegaray. En la primera mitad del s. XX, además de los mencionados destacan los matemáticos Julio Rey pastor (que profesó muchos años en Argentina) y Puig Adam, los físicos Miguel A. Catalan, que trabajo con Sommerfeld, Arturo Duperier, Julio Palacios (con Kamerling Onnes), el químico Rocasolano (especialista en movimiento browniano al que visitó Einstein), y médicos como Nicolás Achúcarro, Pio del Río-Hortega o Severo Ochoa, PN de Medicina de 1959. No se sigue con otros posteriores por falta de perspectiva histórica de la relevancia de sus contribuciones, pero es entonces cuando empiezan a aparecer científicas, como la bioquímica Margarita Salas, Celia Sánchez Ramos, fundadora del Laboratorio Neuro-Computación y Neuro-Robótica, Pilar Mateo, presidenta de Inesfly Corporation, S.L. y de MOMIM (Movimiento de Mujeres Indígenas del Mundo) o la oncóloga María A. Blasco.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

Las consideraciones emitidas por los estudiantes permiten reflexionar en el aula, como en ocasiones la ciencia sigue planteamientos críticos a nivel metodológico, pero sin tener en cuenta cuestiones científicas con impacto social o CSC, y cuando algunos científicos las abordan y efectúan crítica a instituciones, estos sufren actualmente consecuencias de desprestigio y descalificación en su profesión (antaño incluso su vida podía estar en juego).

Destacan que lo ideal sería divulgar consecuencias de los productos pero es evidente que algunas empresas o personas difícilmente lo hacen por diversos intereses. Un claro ejemplo es el científicos como como Rachel Carson, Andrés Carrasco, Robert Belle, Gilles Eric Seralini y otros, quienes han denunciado las consecuencias de los agros tóxicos.

De igual forma los planteamientos presentados en este escrito permiten valorar como la ciencia nos ayuda a comprender mejor el mundo, pero se hacen necesarios espacios de reflexión ética frente a las implicaciones de su uso y abuso, lo que conlleva a tomar decisiones. Por ello, es preciso pensar las orientaciones que se deben tener presentes en la formación de profesores de ciencias y profesionales en áreas de las ciencias. Entre ellas, se pueden citar el desarrollo de actitudes compartidas con los estudiantes en las que se promuevan aprendizajes articulados con la sociedad. De esta forma, podemos comprender que los acontecimientos científicos están insertados en un contexto histórico y son influenciados por diferentes factores sociales, políticos y económicos.

En este sentido, se sugiere analizar el tipo de conflictos al que han sido sometidos algunos científicos, a lo largo de la historia. De esta manera, se constituye en una cuestión para promover las competencias críticas en la valoración de las implicaciones éticas presentes en este tipo de investigaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acar, o., Turkmen, I., & Roychoudhury, A. (2010). Student difficulties in socioscientific argumentation and decision-making research findings: Crossing the borders of two research lines. *International Journal of Science Education*, 32(9), 1191–1206.

Dawson, V.M. & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, 40, 133-148.

Habermas, J. (1981). *The theory of communicative action*. Boston: Beacon Press.

Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94(5), 810–824

Martinez, L. (2010). *A abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências: contribuições e dificuldades*. Tesis Doctoral. Universidade estadual paulista. Campus Universitário de Bauru.

Núñez, J. (s.f.). *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar*. Consultado el 8 de Mayo de 2013. Encontrado en

<http://ict.udg.co.cu/Educaci%C3%B3n%20F%C3%ADsica/P%20S%20DE%20LA%20CIENCIA%20Y%20LA%20TECNOLOGIA.pdf>

Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328, 463–466.

Popper, K.R. (1972). *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix.

Segura, D. (2002). Enseñanza de la ciencia en Colombia. En *Innovación y ciencia*. 10, N. 3 y 4 Bogotá: ACAC.

Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones socio-científicas al desarrollo del pensamiento crítico (i): introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10.

Solbes, J y Torres, N. (2013): ¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias en formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico? *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, 33, 61-85

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.

Solbes, J. & Traver, M. (2003). Against a negative image of science: history of science in the physics & chemistry education, *Science & Education*, 12, 703-717.

Torres Merchán, N. Y. (2014). *Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas: un estudio en escenarios de formación docente*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia España.

Torres Merchán, N. Y., & Altuzarra, J. G. C. (2014). Las apreciaciones de la ciencia y la tecnología en estudiantes de educación no formal: contribuciones hacia su popularización. *Revista Científica*, (18), 67-75.

Zeidler, D.L., Sadler, T.D. & Simmons, M.L. & Howes, E.V. (2005). Beyond STS: A Research- Based Framework for Socioscientific Issues in Education. *Science Education* 89 (3), 357-377.