



# Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico

## Contributions of intervention teaching using socioscientific issues to develop critical thinking

Nidia Yaneth Torres Merchán

*Facultad de Educación. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja*  
nidia.torres@uptc.edu.co

Jordi Solbes Matarredona

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia*  
jordi.solbes@uv.es

**RESUMEN** • El propósito de este estudio es presentar el impacto de una intervención usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico en estudiantes universitarios. Se hizo un estudio cuasiexperimental pretest-postest con 56 estudiantes durante 16 semanas. La información del pretest y postest fue valorada desde un análisis cualitativo y cuantitativo del contenido, que permite comparar el tipo de respuestas de los participantes una vez finalizada la intervención. El análisis indica que los estudiantes emiten argumentos más fundamentados en relación con valorar aspectos sociales de la ciencia, cuestionan la información a partir de comparación de diversas fuentes y hacen reflexiones como futuros docentes de ciencias naturales.

**PALABRAS CLAVE:** pensamiento crítico; cuestiones sociocientíficas; educación científica.

**ABSTRACT** • The purpose of this study is present the impact of an intervention using socioscientific issues to develop critical thinking in university students. It was made with a quasi-experimental study with 56 students for 16 weeks. The pre and post information was assessed from an analysis qualitative and quantitative that compares the type of participant responses once the intervention. The analysis indicates that students emit more grounded arguments relating to value social aspects of science, questioning information from comparing with various sources and indicate reflections as teachers of sciences.

**KEYWORDS:** critical thinking; socioscientific issues; scientific education.

Recepción: diciembre 2014 • Aceptación: enero 2016 • Publicación: junio 2016

Torres Merchán, N. Y., Solbes Matarredona, J., (2016) Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34.2, pp. 43-65

## INTRODUCCIÓN

Las investigaciones en didáctica de las ciencias hacen énfasis en la promoción de una educación participativa, que promueva la argumentación, la toma de decisiones y el pensamiento crítico (Kuhn 1991; Chi, 2009; Osborne, 2010; Berland y Lee, 2012). En esta línea, las cuestiones sociocientíficas (en adelante CSC) en la enseñanza de las ciencias toman relevancia en la educación científica porque permiten que los estudiantes puedan valorar las diferentes fuentes de información, posiciones alternativas y controlar estrategias de razonamiento (Zeidler, Sadler, Applebaum y Callahan, 2009; Topcu, 2010; Yoon, 2011; Wu y Tsai 2010; Çalik y Coll, 2012; Evagorou y Osborne, 2013). Esta misma perspectiva puede contribuir a la toma de decisiones de un problema y se constituyen en un espacio que permite cuestionar y analizar los conceptos científicos aprendidos (Acar, Turkmen y Roychoudhury, 2010; Çalik y Coll, 2012).

Las CSC suelen incluir debate entre los expertos científicos, los políticos y los ciudadanos cuando se requiere la toma de decisiones sobre el uso de la ciencia y la tecnología (Levinson, 2006; Albe, 2008; Díaz y Jiménez, 2012). Por ejemplo, Sadler (2004) añade que las CSC se constituyen en una posibilidad para abordar dimensiones económicas, políticas, éticas, religiosas y ambientales de cuestiones científicas, que no se tratan en los problemas tradicionales encontrados en las clases de ciencias. Así, las CSC no pueden abordarse mediante memorizaciones o algoritmos simples (Sadler, 2004; Dawson y Venville, 2010), que no ayudan a abordar conceptos científicos en el contexto de preguntas abiertas (Koslto, 2001; Acar *et al.*, 2010). También proporcionan una alternativa para que los profesores ayuden a sus estudiantes en la estimulación intelectual y el crecimiento social, involucrando el razonamiento a través del análisis de pruebas y datos (Sadler, 2004; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012). De igual modo, el uso de noticias de carácter sociocientífico puede fomentar el análisis crítico en los estudiantes (Norris, Phillips y Korpan, 2003; Oliveras, Márquez y Sanmartí, 2011).

Por las características descritas sobre CSC, en esta investigación se consideró que las CSC se constituyen en contextos para desarrollar competencias de pensamiento crítico que fueron denominadas *competencias críticas*, y que involucran el análisis y cuestionamiento de la información, el estudio multidimensional de las situaciones, la articulación de la ciencia con la sociedad, la realización de valoraciones éticas y la toma de decisiones (Solbes y Torres, 2012). Estas competencias son compatibles con los objetivos generales de la educación científica, como lo señalan Osborne (2010) y Bricker y Bell (2008).

En consideración a lo anterior, nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Cómo incide un programa de intervención usando CSC en el desarrollo de pensamiento crítico en licenciados en educación científica? En particular, ¿qué aspectos del pensamiento crítico se desarrollan más?

## ¿POR QUÉ PENSAMIENTO CRÍTICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS?

El avance de la ciencia ha estado vinculado al pensamiento crítico que desafía los discursos dominantes, como en los casos de Galileo, Darwin, Wholer y otros. De igual forma, autores como Popper (1975) resaltan la importancia del pensamiento crítico en la formación científica universitaria:

... al científico normal se le ha enseñado mal. Creo, al igual que otros muchos, que toda la enseñanza a nivel universitario (y si es posible antes) debería ser entrenamiento y estímulo al pensamiento crítico (p. 150).

Esta perspectiva otorga gran relevancia al hecho de emplear los espacios de formación docente en la educación científica para el desarrollo del pensamiento crítico. Dicho pensamiento ha de dar lugar a la formulación de juicios con evidencias en las que se pueda comprobar su confiabilidad (Horkheimer y Adorno, 1994; Marcuse, 1984; Habermas, 1981) y emplear el racionalismo crítico y una actitud escéptica ante los dogmas y los discursos dominantes. Por tanto, es necesario insistir en la profundidad con que debe realizarse la interpretación de los conceptos científicos en las clases de ciencias.

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.

El pensamiento crítico ha dejado de ser solo objeto de reflexión de la filosofía y la pedagogía crítica y está siendo considerado en los estudios de la didáctica de las ciencias. Así, Yager (1993) relaciona el pensamiento crítico con la capacidad de hacer elecciones racionales y juicios fundamentados como elementos de las decisiones que se emplean para resolver problemas. Jiménez-Aleixandre (2010: p. 39) afirma que «es la capacidad de desarrollar una opinión independiente, adquiriendo la facultad de reflexionar sobre la sociedad y participar en ella». Otros (Vieira, Tenreiro-Vieira y Martins, 2010; Solbes y Torres, 2012) 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.

Como una contribución importante al desarrollo del pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias, es preciso considerar elementos controversiales que permitan desarrollar habilidades de argumentación y promover la autonomía de los estudiantes (Reis y Galvão, 2004; Louca, Zacharia, y Tzialli, 2012). A pesar de que distintos estudios sobre CSC presentan su fuerte influencia en procesos de argumentación (Acar *et al.*, 2010; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012;) y su contribución al desarrollo de la autonomía de los docentes (Martínez, 2012), es conveniente valorar en su conjunto cómo las CSC influyen en aspectos de pensamiento crítico como la incidencia de la ciencia en aspectos sociales, el cuestionamiento de la información y la asunción de posiciones individuales y colectivas en torno a temas sociocientíficos después de una intervención didáctica con CSC.

Algunos trabajos (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012; Solbes y Torres, 2013) señalan como principal objetivo de las CSC la necesidad de promover el empoderamiento de los estudiantes y el desarrollo de su opinión independiente; sin embargo, hace falta profundizar sobre en qué medida una intervención con CSC permite este empoderamiento y la formulación de estas opiniones independientes. Zohar (2006), en el proyecto «Enseñando a pensar», pone de manifiesto la importancia no solo de formular objetivos desde los contenidos, sino de proponer cuestiones formadas por objetivos de pensamiento desde la estructuración de planes de clase. También Zoller (1993) destaca la importancia de la enseñanza y el aprendizaje de habilidades de pensamiento en la educación científica.

En este estudio, se asume el pensamiento crítico como una necesidad para que las personas estructuren una manera de pensar propia, capaz de tomar posiciones frente a las situaciones sociales que viven y para tener un papel activo en las decisiones culturales y científicas (Solbes y Torres, 2012); por tanto, para contribuir a lo anterior, la enseñanza de las ciencias debe partir de conocimientos cotidianos, que suelen ser más interesantes que los que provienen de fórmulas de difícil interpretación y que pueden ser asumidos desde el uso de las CSC.

Por ello, el objetivo de este estudio fue valorar el efecto de una intervención en clase utilizando unas CSC en los siguientes aspectos: entender la ciencia como actividad social, cuestionar la información, lo cual implica la detección de falacias, y promover reflexiones acerca de la autonomía de los futuros profesores en el diseño de sus currículos, así como sobre la toma de decisiones individuales y colectivas con responsabilidad social.

## METODOLOGÍA

### Descripción de la muestra y la intervención

El trabajo presentado en este escrito forma parte de un estudio efectuado durante dos semestres académicos, donde se emplearon distintas CSC con 56 estudiantes de sexto semestre del programa de

licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de una universidad colombiana. Las edades de los participantes oscilan entre los 19 y los 24 años. El 19,6% son hombres y el 80,4%, mujeres.

La investigación mencionada se desarrolló en 16 semanas en tres etapas. La primera consistió en un diagnóstico que involucra cuestionarios a docentes y estudiantes sobre PC, realizados en sesiones de 50 minutos cada una, y un pretest sobre la privatización de una central eléctrica, realizado en una sesión de 90 minutos. La segunda se corresponde con una intervención en la que se realizaron tres secuencias de actividades sobre pensamiento crítico y CSC, cada una de ellas en sesiones de 120 minutos. En concreto, una sobre científicos que han tenido problemas con el poder por haber abordado temas científicos con implicaciones sociales; otra sobre el uso de aditivos en el café y, finalmente, otra sobre el uso del glifosato para la erradicación de cultivos ilícitos. Por último, la tercera etapa es de valoración final, que hace referencia a la aplicación del postest. Se trata de un tema diferente a los tratados para comprobar que los estudiantes adquieren las competencias de PC porque así se garantiza la transferencia y no una simple memorización.

El interés de este escrito es presentar la comparación del instrumento en dos momentos (pretest y postest) desde el análisis del contenido para valorar la incidencia de un programa de intervención que hace uso de CSC con el fin de desarrollar pensamiento crítico.

## Descripción del instrumento

El instrumento utilizado se basa en una CSC relacionada con la privatización de la energía eléctrica. La elección de esa CSC en particular corresponde a una situación social que se desarrollaba en la época en el contexto de la investigación. El test responde a tres aspectos fundamentales. Una primera parte cuestiona a los estudiantes la producción de energía eléctrica. Una segunda es el estudio de la energía eléctrica en Colombia; en este ítem se presenta el estado actual de la energía eléctrica producida a partir de fuentes hídricas, térmicas y eólicas. Como última parte del instrumento, se presenta el estado actual de un fenómeno social en Colombia relacionado con la privatización de las empresas públicas. Aquí se presentan fragmentos de las declaraciones de actores políticos sobre el tema, emitidos por los diarios de comunicación (anexo A). La comparación de estos dos instrumentos permite hacer una confrontación de la incidencia de las CSC en el desarrollo del pensamiento crítico.

Para valorar la coherencia interna de los ítems del instrumento, se calculó el estadístico alfa de Cronbach con los datos recogidos a partir de un grupo piloto de 26 estudiantes. Su valor es =0,8 y, por tanto, mayor que el valor 0,7, lo que indica la consistencia interna del cuestionario utilizado. De igual forma, la varianza media extractada fue superior a 0,57, lo que indica que el constructo comparte más de la mitad de su varianza con sus indicadores.

Para efectos del análisis comparativo sobre el uso de CSC en el desarrollo del pensamiento crítico, la tabla 1 muestra algunas de las preguntas del instrumento que dan cuenta del efecto de la intervención con el uso de CSC. Para la presentación de los resultados y una vez efectuados los análisis, hemos agrupado las preguntas en tres aspectos, de acuerdo con su relación con el desarrollo del pensamiento crítico. La tercera columna de la tabla 1 describe su relación con características propias del pensamiento crítico.

Tabla 1.

Preguntas de instrumento en relación con los aspectos relacionados con el pensamiento crítico

<i>Aspectos</i>	<i>Preguntas del instrumento</i>	<i>Justificación de su pertinencia con el pensamiento crítico</i>	<i>Criterios de valoración en las respuestas de los estudiantes</i>
La incidencia de las CSC en la valoración de los aspectos sociales de la ciencia	<p>iii.1. ¿Identifica problemas en lo anteriormente descrito? En caso afirmativo, ¿cuáles? ¿Por qué?</p> <p>iii.2. ¿Considera que la situación descrita anteriormente puede ser objeto de reflexión de las ciencias?</p>	<p>Este aspecto posibilita ver lo social de la ciencia y no asumirla como un conocimiento de elite y descontextualizado. El uso de las CSC puede contribuir a comprender la ciencia como un fenómeno histórico y cultural, con carácter dinámico y evolutivo que significa ir más allá de lo que aparentemente es evidente y analizar la ciencia en el aula como una actividad social.</p>	<p>Se valora si los estudiantes ven implícitos en las CSC aspectos sociales, es decir, si son capaces de inferir la relación de la ciencia con la cotidianidad.</p>
El cuestionamiento de la información como aspecto importante en el desarrollo del pensamiento crítico	<p>ii.3. ¿Está de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Cuál ha sido el impacto de las centrales hidroeléctricas en el ambiente y la sociedad? ¿Y el de las térmicas? (%)</p> <p>iii.4. ¿Está de acuerdo con la forma de producción de la energía eléctrica en el departamento de Boyacá?</p> <p>iii.5. ¿Qué controversias o desacuerdos científicos, relacionados con la producción y el uso de la energía eléctrica, se han dado?</p>	<p>Una característica importante en el pensamiento crítico es la disposición para cuestionar las opiniones y creencias personales; rechazar conclusiones no basadas en pruebas, así como detectar falacias argumentativas, evaluar la credibilidad de las fuentes teniendo en cuenta los intereses subyacentes y ser capaces de crear argumentaciones sólidas.</p>	<p>Se analiza si los estudiantes detectan falacias y las cuestionan, conocen el proceso de generación de energía eléctrica en su contexto, junto con sus implicaciones. También si mencionan controversias relacionadas con la generación de energía.</p>
Asumir posiciones individuales y colectivas en torno a temas sociocientíficos	<p>iii.6. Suponga que usted es invitado a un debate donde se discute la implementación de energía eléctrica en el país. Si se requiere su valoración profesional respecto a la temática, ¿cuál sería su declaración?</p> <p>iii.7. Basándose en la declaración anterior, ¿qué decisiones sería necesario asumir, a nivel personal, laboral y familiar, con respecto a la situación anterior?</p>	<p>Este aspecto implica la emancipación intelectual, entendida como el acceso a experimentar la autonomía que toma distancia del saber existente y es capaz de tomar decisiones fundamentadas. Tiene implicaciones en realizar juicios éticos en torno a la CSC atendiendo a la contribución de estos a la satisfacción de necesidades humanas, a la solución de los problemas del mundo.</p>	<p>Se valora si los estudiantes involucran la dimensión ética en relación con los impactos de las centrales térmicas en el ambiente. De igual modo se analiza algún tipo de decisiones que no se limite a la generalidad, sino que involucren acciones personales individuales y colectivas.</p>

### Análisis de datos

El registro de datos del instrumento se realizó a partir de escritos de los participantes, y para efectuar el análisis de cada pregunta del instrumento, se registró cuantitativamente el número y porcentaje de estudiantes en los siguientes criterios:

- Explicación adecuada (EA): Si el estudiante responde de manera apropiada a la pregunta.
- Explicación con rasgos generales (ERG): Si se mencionan aspectos generales de las respuestas pero falta coherencia en ellas.
- Explicación fuera de contexto (EF): Si efectúan respuestas no afines con lo cuestionado.
- No responde (NR): Si el estudiante deja en blanco el espacio de la pregunta.

Esta clasificación es coherente con el trabajo de Solbes y Vilches (2004), en el que se estudia el papel de las relaciones CTSA en la formación ciudadana. De acuerdo con cada una de las contestaciones dadas por los participantes, se realizó un listado de respuestas a cada pregunta. A continuación, se realizó una agrupación por similitud o por diferencias entre los criterios (EA, ERG, EF, NR) en cada test (pretest y postest) y esto permitió dar cuenta de las respuestas de los estudiantes en los dos momentos. Esta clasificación y agrupación de las respuestas se realizó de acuerdo con los diseños metodológicos en estudios de Pro (2011) respecto a la investigación orientada al abordaje de la electricidad y la electrónica de tecnología en libros de texto. También se tuvieron en cuenta otras investigaciones, como las de Day y Bryce (2011), en las que se analiza la tabulación de la información cuando se hace uso de CSC en profesores de ciencias y humanidades.

Para el análisis de la información se presentan tablas comparativas del porcentaje de respuestas según EA, ERG, ER, NR por cada pregunta en el pretest y postest, según los aspectos descritos en la tabla 2. Para determinar si hay diferencias significativas entre los resultados del pretest y del postest en relación con el criterio por cada pregunta, se realiza la prueba de homogeneidad marginal reportándose los resultados bajo la denominación de *p-value*. Se fija un valor de  $\alpha=5\%$  como criterio para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  o aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), en consonancia con otras investigaciones, como las de Çalik y Coll (2012).

También se presentan tablas comparativas en el pretest y el postest que permiten evidenciar el tipo de respuestas consideradas en cada categoría (tablas 3, 5 y 8). Asimismo, para valorar el cambio del número de estudiantes en cada pregunta del test inicial y final, se presentan tablas de contingencia  $4 \times 4$  (tablas 6 y 9) para muestras apareadas cuyas filas y columnas corresponden a los criterios EA, ERG, EF, NR tanto en la prueba pretest como en la de postest. Por limitaciones de espacio, solo se presentan algunos ejemplos.

Las anteriores tablas permiten detallar dos niveles de interpretación. El primero, cuantitativo, corresponde al porcentaje de estudiantes que responden a las preguntas. El segundo hace una descripción textual de las respuestas de los estudiantes con el propósito de identificar y discutir las dificultades y contribuciones de cuestionamiento propuestas en el instrumento. Estos resultados son el producto del análisis del discurso del aula en la que se establecieron los criterios establecidos.

## RESULTADOS

Atendiendo a los aspectos mencionados en la tabla 1, a continuación se presentan los resultados más representativos del efecto de un programa de intervención mediante el uso de CSC.

### Las cuestiones sociocientíficas en la comprensión de aspectos sociales de la ciencia

Como se describió en la tabla 1, este aspecto permite describir si el uso de CSC facilita la comprensión de las relaciones de la ciencia con la sociedad. En la primera pregunta iii.1 el problema que hay que identificar se refiere a la privatización de una empresa de energía eléctrica y a los efectos de la privatización en la comunidad. Para ello, se parte de una noticia emitida por los medios de comunicación en el contexto colombiano que es mostrada a los estudiantes (anexo A).

Tabla 2.  
Comparación porcentaje de respuestas en el aspecto 1

Test	iii.1. Identificación del problema				iii.2 La privatización de energía eléctrica como objeto de reflexión de las ciencias			
	EA	ERG	EF	NR	EA	ERG	EF	NR
Pretest	(41) 73	(5) 8,9	(7) 12,5	(3) 5,4	(25) 45	(8) 14	(10) 17,8	(13) 23
Postest	(41) 73	(14) 25	(0)	(1) 2	(49) 87	(4) 7	(2) 4	(1) 2
<i>Psig</i>	p < ,004				p=,000			

\* Valores que conforman una diferencia significativa entre las muestras.

En la primera pregunta iii.1 de la tabla anterior, se observa que coincide el número total de estudiantes en los dos test en EA, ya que se parte de un valor muy alto y es difícil mejorarlo. Se verifican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Hay un aumento de 9 estudiantes en ERG y una disminución en las categorías EF y NR. En la segunda pregunta iii.2, también se obtienen valores inferiores a 0,00, que reflejan un rechazo de la hipótesis nula.

En la pregunta iii.2, se observa un aumento del 45 al 87% de los estudiantes que relacionan en el postest la situación de la privatización de la energía como objeto de estudio de las ciencias. Esto responde al significado social que los estudiantes atribuyen a la ciencia, algo no percibido en el pretest, donde se indicaba que era un problema solo económico, p. ej., la afirmación que hace estudiante E19.

E19: Son simplemente problemas de orden económico, puesto que dicen que la nación no tiene presupuesto para mantener el servicio y por esto busca la ayuda de inversionistas privados.

El mismo estudiante en el postest plantea lo siguiente:

E19: Se identifica que existe controversia, pues hay desacuerdo en privatizar a la EBSA, el senador Córdoba tiene claro que esta empresa es patrimonio y dice que sí es rentable, mientras que el senador Echeverry no le da a la EBSA el valor patrimonial que merece, por lo que se está manejando la privatización de la empresa desde el punto de vista económico, pero no hay a fondo una observación social que permita saber qué pasará con las familias que trabajan en esta, el servicio que esta empresa presta seguramente podría mejorar, pero no se piensa en la familias y personas que dependen de esta.

Como indica la contestación que da el estudiante E19, en el postest hay mayor claridad en la descripción de la discusión que se ofrece en la noticia, considerando aspectos como la situación que afrontan las familias dependientes de la empresa. Se observa que los cambios más notables se presentan en el descenso de estudiantes en EF y NR en el postest. De igual modo, las respuestas que dan los estudiantes en el postest son más justificadas.

A modo de ejemplo se presenta una tabla comparativa del tipo de respuestas, clasificadas de acuerdo con los criterios (EA, ERG, EF), que fueron efectuadas por los estudiantes en la segunda pregunta (iii.2) para valorar cómo relacionan el tema de la privatización de la energía eléctrica como objeto de reflexión de las ciencias (tabla 3).

Tabla 3.  
Comparación de subcategorías en las pruebas de la pregunta iii.2:  
¿Considera que la situación descrita anteriormente puede ser objeto de reflexión de las ciencias?

<i>EA</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>ERG</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>EF</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>NR</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>
La privatización como un problema social, económico, político y, por tanto, relacionado con la ciencia y la sociedad	8	10	La privatización de la EBSA permite abordar los problemas ambientales	4	4	La privatización únicamente como problema económico	6	2		13	1
La privatización relacionada con la producción de energía eléctrica y con la investigación de materiales eléctricos	6	9	La implementación de toda clase de proyectos	2		Es únicamente un problema político. No se relaciona con la ciencia porque no estudia fenómenos	4				
La privatización como posibilidad de pensar en materiales ecológicos que produzcan energía	5	10	La defensa de lo público en el país	2							
La privatización permite estudiar conceptos de ciencia en temas como la contaminación, las reacciones químicas y la utilidad de los recursos naturales	6	10									
La ciencia como una herramienta que permite tomar decisiones, solucionar problemas y aportar argumentos sobre la privatización		10									
TOTAL	25	49		8	4		10	2		13	1

La tabla 3 indica que en esta pregunta aumentó el número de estudiantes en EA en 25 en el postest. En el pretest desaparecen dos subcategorías en ERG con 2 estudiantes. Destaca la disminución de estudiantes que hay en EF (de 10 a 2) y en la categoría NR (de 13 a 1). Con respecto a los cambios en esta pregunta se observa que 29 estudiantes mejoraron, de los cuales 12 estudiantes, que en el pretest estaban en NR, se registran en EA en el postest. No obstante, 5 empeoraron y 22 estudiantes mostraron afirmaciones similares.

En esta pregunta aparece una nueva categoría «La ciencia como una herramienta que permite tomar decisiones, solucionar problemas», desde el estudio de la privatización, con 10 estudiantes. Esto permite identificar el carácter más social que el estudiante da a la ciencia.

Una de las afirmaciones en esta categoría es la siguiente:

E22: Sí, ya que las reflexiones que se hacen relacionadas con ciencia involucran lo social, natural, económico, político, tecnológico, y la situación anterior nos muestra cómo la ciencia nos ha facilitado nuestras actividades, pero así mismo crea una dependencia de estos que ha aumentado políticas de consumo por lo que se debe también reflexionar frente a lo que está produciendo la ciencia, para contribuir al ambiente.

Desde la afirmación anterior, el estudiante señala a la ciencia como posibilidad para asumir posturas frente a la privatización de la EBSA. En el postest, de acuerdo con las afirmaciones de los partici-

pantes, la ciencia es asumida como algo más que un cuerpo estático de conocimientos. Por ello, como señalan Christensen (2007) y Hodson (2006), las clases de ciencias deben convertirse en experiencias auténticas. Esto implica que se involucre a los estudiantes en papeles activos, que permitan aumentar su motivación y creen oportunidades para la estructuración de su conocimiento. Es el caso de las contribuciones que puede hacer la naturaleza de la ciencia en la valoración de aspectos sociales en futuros docentes de ciencias (Furió, Furió y Solbes, 2012; Passmore, 2012).

### El cuestionamiento de la información como aspecto importante en el desarrollo del pensamiento crítico

Para valorar este aspecto, el test presentaba a los estudiantes una falacia: «Las centrales hidroeléctricas no producen impactos ambientales» (ii.2) y se cuestionaba acerca de la producción de energía en su contexto (iii.4) y el conocimiento de controversias frente a la generación de energía (iii.5).

Tabla 4.  
Comparación porcentaje de respuestas en el aspecto 2

Test	ii.2 El impacto de las centrales hidroeléctricas				iii.4 La producción de la energía eléctrica				iii.5 Las controversias o desacuerdos científicos, relacionados con la energía eléctrica			
	EA	ERG	EF	NR	EA	ERG	EF	NR	EA	ERG	EF	NR
Pretest	(20) 36	(11) 20	(17) 30	(8) 14	(8) 14	(7) 12,5	(30) 53,5	(11) 20	(14) 25	(14) 25	(9) 16	(19) 34
Postest	(50) 89	(4) 7	(1) 2	(1) 2	(40) 71	(14) 25	(2) 3,6	(0)	(51) 91	(3) 5	(0)	(2) 4
Psig	p=,000				p=,000				p=,000			

Las preguntas establecidas en la tabla 4 señalan una diferencia significativa entre el pretest y el postest en los tres ítems, con valores de  $p=,000$ . Se observa que las categorías con mejores cambios son las EA en las tres preguntas. Esto indica un aporte positivo de la intervención frente al cuestionamiento de la información, la valoración de los procesos de producción de energía eléctrica y el conocimiento de las controversias frente al tema.

En la primera pregunta en el postest hay un aumento en el número de estudiantes que detectan la falacia siguiente: «Las centrales hidroeléctricas no producen impactos ambientales». Hay un aumento del 36 al 89% en todo el grupo en la categoría EA y solo un estudiante no responde a la pregunta. En esta misma pregunta en el pretest un 30% de los estudiantes no detectaban la falacia y señalaban afirmaciones (EF) como las siguientes.

- E1: Sí, estoy de acuerdo con lo anterior. No conozco impactos ambientales de gran magnitud referentes a las hidroeléctricas.
- E21: Pues creo que las hidroeléctricas no contaminan casi nada pues no emiten gases.
- E24: Estoy de acuerdo en que la hidroeléctrica mitiga la contaminación ambiental.

En la segunda pregunta los estudiantes presentan en el postest posicionamientos propios frente a la forma de producción de energía. Por ejemplo, el estudiante E55, que en el pretest no respondía por el desconocimiento del tema, en el postest indica su opinión acerca de la producción de energía.

E55: Pues la obtención no es la mejor, ya que se acaban con los recursos importantes para el ambiente. Es por esto que deberían implementarse nuevas prácticas de obtención de esta, como la eólica o la solar se saben que son más costosas pero no hay que pensar solo en el presente sino también en el futuro.

Destacan los valores alcanzados en la pregunta iii.5, que pasan de un 25% en el pretest a un 91% en el postest. Esta pregunta se relaciona con el conocimiento de controversias por el uso de la energía eléctrica. En sus respuestas, los estudiantes mencionan la confrontación entre fuentes alternativas y fuentes con beneficios a monopolios. En el pretest, solo 14 estudiantes mencionaban algunas controversias, mientras que en el postest vinculan dilemas como el uso de la energía nuclear, apoyados en lo sucedido en Japón, y el agotamiento de los recursos naturales.

A modo de ejemplo se presenta la intervención del estudiante E23.

E23: Controversias en cuanto a la obtención de energía hay muchas, la mayoría de los ambientalistas buscan que se implementen técnicas no agresivas para el medio ambiente, la mayoría de los científicos se encargan de investigar acerca de cómo se producen, pero por costos no se llega a la implementación de estas, aunque hay un factor que influye mucho en estas controversias como lo es el sector económico, porque las energías que no causan tanto daño en el ambiente son muy costosas.

La siguiente tabla permite identificar el tipo de respuestas que los estudiantes dan en cada uno de los criterios, ante la detección de la falacia como parte del cuestionamiento de la información.

Tabla 5.  
Comparación de subcategorías en las pruebas de la pregunta ii.2

ii.2: ¿Esta de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Cual ha sido el impacto de las centrales hidroeléctricas en el ambiente y la sociedad? ¿Y el de las térmicas?											
<i>EA</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>ERG</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>EF</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>NR</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>
Producen impactos ambientales, económicos y sociales	7	13	Las térmicas y la hidroeléctricas son productoras de gases	5		Las hidroeléctricas no producen daños	8	1		8	1
Producción de CO <sub>2</sub> , macropartículas, efecto invernadero, cambio climático	5	14	Todo proceso industrial produce unos impactos	6	4	Las hidroeléctricas contaminan más que las térmicas	9				
Impactos ambientales en la biota marina por el desvío de cauce del río	4	13									
Impactos en el suelo (erosión), tala de árboles, desplazamiento de personas	4	10									
TOTAL PRE	20	50		11	4		17	1		8	1

En esta pregunta no aparecen subcategorías diferentes en el postest pero hay un aumento de 30 estudiantes en la clase EA. Se observa que en el postest no aparecen estudiantes en la subcategorías de ERG denominada «Las térmicas y la hidroeléctricas son productoras de unos gases». También hay una disminución del número de estudiantes en las categorías ERG, EF y NR.

La tabla presenta el aumento de estudiantes que indican los efectos de las hidroeléctricas, como la disminución del cauce de los ríos, el efecto de las centrales en la biodiversidad de ecosistemas acuáticos o el desplazamiento de personas de sus sitios de origen. Asocian los impactos ambientales, económicos y sociales que producen las centrales hidroeléctricas, como se evidencia en la siguiente respuesta:

E38. Las centrales pueden producir disminuir el CO<sub>2</sub> pero producen otros impactos ambientales, como escasez del recurso hídrico, además estas requieren gran cantidad de terreno para almacenar agua, lo que interrumpe la existencia de un sitio natural, afectando al cauce de los ríos y causando alteraciones en la flora acuática. El uso de centrales termoeléctricas son muy contaminantes debido al uso de combustibles fósiles.

El cuestionamiento constante permite detectar las falacias del mercado, de la política y de los medios de comunicación. Configura cierta autonomía e independencia intelectual, que permite emitir juicios y razones propias, y dudar de las afirmaciones de quienes representan a los intereses dominantes (Marcuse, 1994).

Para valorar el número de estudiantes que mejoran o permanecen igual en la intervención, se presenta tablas de contingencia (tabla 6), que permiten determinar que 34 estudiantes mejoraron (11 que se encontraban en ERG, 15 en EF y 8 en NR pasan a la categoría EA). Por otra parte, 17 estudiantes dieron afirmaciones similares y 5 estudiantes cambiaron su afirmación de EA a ERG.

Tabla 6.  
Tabla de contingencia para la pregunta ii.2

		Postest				
		EA	ERG	EF	NR	Total
Pretest	EA	16	4	0	0	20
	ERG	11	0	0	0	11
	EF	15	0	1	1	17
	NR	8	0	0	0	8
	Total	50	4	1	1	56

Los resultados anteriores permiten valorar la contribución de las CSC para cuestionar la información, valorar la credibilidad de las fuentes y revisar las evidencias, obteniendo, como hemos mostrado,  $p=,000$ . En este aspecto se puede ver que en los posicionamientos del postest los estudiantes señalan los impactos ambientales de las hidroeléctricas a nivel acuático y terrestre. En cuanto a las térmicas, mencionan el aumento de gases contaminantes. Sus afirmaciones finales dan cuenta de la inclusión de la dimensión ambiental.

Destaca que los estudiantes indican puntos de vista acerca de la producción de energía de la empresa; p. ej., relacionan el consumo de combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica, lo cual indica más información sobre la manera como se produce.

Un ejemplo de afirmaciones en las que se reflejan más de dos categorías sería este:

E2: Pues la obtención no es la mejor, ya que se acaban con los recursos importantes para el ambiente es por esto que deberían implementarse nuevas prácticas de obtención de esta, como la eólica o la solar se saben que son más costosas pero no hay que pensar solo en el presente sino también en el futuro, pues puede que obtengamos beneficios pero no se tiene en cuenta la contaminación hídrica y la erosión del aire, que se genera como producto final y durante la obtención de energía.

En relación con lo anterior, Osborne (2010) y Berland y Lee (2012) señalan que expresar un punto de vista personal, informado sobre cuestiones relativas a la ciencia y la tecnología, no es sencillo. Por ello, sugieren la necesidad de proporcionar espacios educativos para que los estudiantes desarrollen dichas capacidades mediante la apertura del discurso en el aula. Este discurso puede ser facilitado con el enfoque de las CSC. Asimismo, Norris, Phillips y Korpan (2003) y Oliveras *et al.* (2011) sugieren reconocer el papel de los medios de comunicación para contrastar los acontecimientos en las cuestiones científicas y sociocientíficas.

**Asumir posiciones individuales y colectivas en torno a temas sociocientíficos**

Otro aspecto que se resalta en la investigación acerca del uso de CSC en los programas de formación docente está relacionado con la reflexiones acerca de la autonomía de los futuros profesores en el diseño de sus currículos, la posibilidad de crear espacios colectivos de estudio y planificación curricular que superen los enfoques acumulativos, homogéneos, lineales y la racionalidad técnica. Esto se puede observar en los cambios descritos en la tabla 7.

Tabla 7.  
Comparación porcentaje de respuestas aspecto 3

Test	iii.6. Valoración profesional respecto a la CSC				iii.7. Decisiones necesarias en relación con la situación			
	EA	ERG	EF	NR	EA	ERG	EF	NR
Pretest	(6) 10,7	(10) 17,8	(24) 42,8	(16) 28,5	(7) 12,5	(16) 28,5	(7) 12,5	(26) 46,4
Postest	(49) 87	(3) 5	(2) 4	(2) 4	(48) 85,7	(4) 7	(0)	(4) 7
Psig	p=,000				p=,000			

Los datos anteriores muestran diferencias significativas entre pretest y postest ( $p < ,05$ ), lo que significa un aporte significativo de las CSC con respecto a la manifestación de posturas, desde su formación frente a temas relacionados con la implementación de la energía eléctrica. Los datos dejan ver el descenso significativo de los estudiantes de la categoría NR.

En la pregunta 1 se pasa de un 10,7 a un 87%. Se observa que los estudiantes manifiestan posturas frente a la temática y que disminuye el porcentaje de estudiantes que no respondían en el pretest.

También toman posicionamientos propios como profesionales de ciencias naturales que promueven una formación ciudadana y el desarrollo de valores para la participación democrática en temas de ciencia y tecnología; p. ej., el estudiante E53, que el pretest indicaba:

E53: El departamento cuenta con muchos recursos hidroeléctricos, por lo que es bueno implementar más hidroeléctricas.

Después afirma:

E53: Actualmente el país cuenta con muchas de estas empresas pero como futura profesora en ciencias naturales opino que se debe mirar el impacto que estas tienen en el ambiente ya sea mitigándolas mediante con otras alternativas.

La pregunta «Basándose en la declaración anterior, ¿qué decisiones sería necesario asumir, a nivel personal, laboral y familiar, con respecto a la situación anterior?» fue la que obtuvo el mayor porcentaje de aumento, con un 73,5% en EA. Asimismo, se presentan valores muy significativos en las categorías de ERG y EF, que muestran el descenso de estudiantes en estas categorías. En concreto, se mencionan declaraciones con respecto a las decisiones a nivel personal, laboral y familiar. También se evidencia que disminuye de un 46,4 a un 5,2% el porcentaje de los estudiantes que no responden en el postest.

La tabla 8 presenta la síntesis de una toma de postura después de la intervención emitida por los estudiantes de acuerdo con su formación profesional, relacionada con la implementación de la energía eléctrica en el país.

Tabla 8.  
Comparación de subcategorías en las pruebas  
de la pregunta iii6: Valoración profesional respecto a la CSC

<i>EA</i>	<i>Pro</i>	<i>Pos</i>	<i>ERG</i>	<i>Pro</i>	<i>pos</i>	<i>EF</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>NR</i>	<i>Pre</i>	<i>Pos</i>
Producción de energías limpias con el ambiente	6	18	La energía eléctrica como una necesidad social	3	3	Razones emotivas	6	5		16	2
Implementación de estrategias de ahorro energético		12	Utilización de basuras para generar energía	7		Explotación de los recursos naturales	9				
La utilización de energía como utilidad social y no solo como interés económico		10				Implementación de más plantas hidroeléctricas	6				
Generar acciones a nivel curricular para el uso adecuado de la energía		6				Hay poca eficiencia en la producción	3				
En sus respuestas incluyen más de dos categorías		3									
TOTAL	6	49		10	3		24	2		16	2

En esta pregunta aparecen cuatro subcategorías («Implementación de estrategias de ahorro energético»; «La utilización de la energía como utilidad social y no solo como interés económico»; «Generar acciones a nivel curricular para el uso adecuado de la energía»; «En sus repuestas incluyen más de dos subcategorías»), que sugieren una contribución positiva frente al aporte de las CSC para reflexionar sobre los procesos académicos relacionados con la formación de profesores en ciencias.

Destaca que las subcategorías emergentes están correspondidas con estrategias de ahorro energético, la utilización de energía con utilidad social, el uso adecuado de la energía y la generación de acciones a nivel curricular. Estos datos permiten valorar que las CSC facilitan reflexiones de los futuros profesores sobre su práctica y se constituyen en un espacio para pensar en prácticas de emancipación como componente ético fundamental en la formación del pensamiento crítico.

Las categorías emergentes evidencian cómo los estudiantes destacan la necesidad de implementar fuentes alternativas de energía que mitiguen los impactos ambientales. Este último aspecto se constituye como tema relevante en discusiones actuales frente a temas de educación ambiental. Por ejemplo, en cuanto a la subcategoría «Generar acciones a nivel curricular para el uso adecuado de la energía» se pueden presentar las siguientes afirmaciones:

En el pretest:

E23: Boyacá, como cualquier otro departamento del país, tiene los recursos económicos e hidráulicos para generar suficiente energía y así brindar una mayor rentabilidad.

En el postest:

E23: Yo opinaría que si bien la producción de energía es importante para el mundo, también es importante el cuidado del ambiente en que habitamos, por eso se deben buscar estrategias afines a ambas necesidades, en el caso de las instituciones educativas hay necesidad de empezar a crear conciencia desde los más pequeños en el uso adecuado de la energía, desde todas las materias y no solo desde la ciencias.

Las afirmaciones anteriores muestran la necesidad de inclusión de las CSC en los currículos para planear, diseñar y desarrollar propuestas curriculares concretas. Estas propuestas deberían abordar te-

mas sociales en articulación con los temas científicos. De esta manera, se posibilitarían espacios para una función docente crítica y se promoverían perspectivas colectivas y sociales en futuros docentes.

En la siguiente intervención, el estudiante E49 señala la importancia de discutir estos temas en las instituciones educativas como herramienta para que los estudiantes tengan conocimientos sobre cuestiones relacionadas con la energía.

E49: Es notable que esta implementación de energía degrada nuestros ecosistemas, pero sin los recursos económicos es bastante difícil pretender implementar una nueva planta de energía eficiente, como por ejemplo la energía eólica sale costosa y pues solo un parte del 0,1% y sería muy difícil suplir las necesidades de todo un país, existen desacuerdos en algunas de estas productoras de energías ya que trabajan con recursos no renovables como las termoeléctricas y con recursos nucleares que producen demasiados residuos que afectan al ambiente; el caso es que se deberían leer estos temas en los colegios para que los estudiantes aprendan a mirar los impactos de los procesos industriales y reflexiones sobre lo que ocasiona.

En la tabla 9, se puede evidenciar que 46 estudiantes mejoraron. Es significativo con relación a solo los 6 estudiantes que se encontraban en EA en el pretest y 49 en el postest. También se puede destacar que 12 estudiantes en NR en el pretest pasaron a 2 en el postest. Por otra parte, 9 permanecieron igual y solo un estudiante empeoró. Esto muestra un gran aporte de las CSC a la formación de docentes.

Tabla 9.  
Tabla de contingencia para la pregunta iii.6

		<i>Postest</i>				
		<i>EA</i>	<i>ERG</i>	<i>EF</i>	<i>NR</i>	<i>Total</i>
Pretest	<i>EA</i>	6	0	0	0	6
	<i>ERG</i>	8	1	1	0	10
	<i>EF</i>	23	1	0	0	24
	<i>NR</i>	12	1	1	2	16
	<i>Total</i>	49	3	2	2	56

## DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

El primer aspecto relacionado con «La incidencia de las CSC en la valoración de los aspectos sociales de la ciencia» es que las afirmaciones de los estudiantes dejan ver la inclusión de aspectos sociales. Por ejemplo, la pregunta iii.1, relacionada con el reconocimiento del tema de la privatización como problema, no presentó dificultad para los estudiantes en el pretest por tratarse de una controversia de dos políticos frente al tema de la privatización. Esta situación era conocida por los estudiantes, desde la discusión de la reforma a las leyes sobre privatización en Colombia en el año 2011, lo que facilitó el abordaje del tema. Lo anterior sugiere la influencia e importancia del contexto en la participación de los estudiantes.

Las subcategorías reconocidas en el postest, p. ej., «La privatización relacionada con la producción de energía eléctrica y con la investigación de materiales eléctricos»; «La privatización como un problema social, económico, político y, por tanto, relacionado con la ciencia y la sociedad», evidencian en los estudiantes el carácter contextualizado que dan a la ciencia para abordar problemas ambientales y económicos. Se observa cómo los estudiantes señalan el potencial que tiene la ciencia para mejorar la vida pero también ven sus impactos, p. ej., destacan el efecto de las hidroeléctricas en la disminución

de la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos. Resultados similares también son descritos por Levinson (2006) con otros ejemplos sobre el uso de CSC, como el caso del avance científico frente a la cura y tratamiento de enfermedades, el acceso a un alimento seguro o el suministro de energía (Korolija, Rajic y Mandic, 2008; Wu y Tsai, 2010) o la mejora en medios de comunicación (Christensen, 2007).

En relación con las preguntas propuestas respecto al cuestionamiento de la información, al igual que los estudios que describen un temor creciente respecto al impacto de la ciencia y la tecnología en nuestra vida (Christensen, 2007; Acar, Turkmen y Roychoudhury, 2010; Topcu, 2010), los estudiantes mencionan las implicaciones de las hidroeléctricas y las térmicas en el cambio climático y los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Lo anterior indica que la intervención con CSC facilita el reconocimiento de falacias sobre los efectos de las hidroeléctricas y las térmicas; así mismo, el uso de falacias permite discutir sobre las correlaciones y las causas (Villalobos, 2014) considerando que los estudiantes tienden a atribuir algunos efectos de las termoeléctricas a las hidroeléctricas. Esto permite resaltar lo sugerido por diversos autores (Jiménez-Alexandre, 2010; Berland y Lee, 2012; Bravo y Jiménez Alexandre, 2014) con relación a dar a entender la importancia de la evidencia, es decir, utilizar las pruebas para evaluar la credibilidad de las diferentes teorías. Al respecto, Roberts y Gott (2006) sugieren que, antes de leer un texto, es importante trabajar en el aula las diferencias entre datos, opiniones, argumentos y noticias científicas. También se han de tener en cuenta cada uno de los medios de donde son obtenidos. La distinción entre estos conceptos puede ayudar a los estudiantes a leer más a fondo y analizar mejor la información.

El aumento de estudiantes que emiten explicación más fundamentadas en relación con las preguntas del apartado «El cuestionamiento de la información como aspecto importante en el desarrollo del pensamiento crítico» da cuenta de un mayor interés que tienen los estudiantes por informarse acerca de la producción de la energía eléctrica en la región, la importancia de conocer otras fuentes alternativas, valorar el efecto del consumo de combustibles fósiles y reflexionar sobre las afectaciones en la comunidad y el ambiente. De igual modo, desde los resultados arrojados por el postest, se considera que el trabajo de discusión y debate en el aula y la lectura de distintas fuentes, ya sea internet o revistas, contribuyen a que los estudiantes detecten las falacias presentadas en estas.

Según Norris, Phillips y Korpan (2003), la mayoría de los estudiantes tienden a aceptar a primera vista la información contenida en el texto e implícitamente confiar en los escritores. Esto se observó en el pretest, donde los estudiantes manifestaban estar de acuerdo con las afirmaciones sobre el no efecto ambiental de las hidroeléctricas y, por lo tanto, no las cuestionaban. Sin embargo, en el postest se evidenció un cambio en sus respuestas.

Por ello, en este estudio se reconoce la importancia de utilizar las falacias en las secuencias didácticas, pues esta permitió evaluar la credibilidad de las afirmaciones de los medios de comunicación sobre las centrales nucleares, como la valoración de que las centrales evitan la producción de CO<sub>2</sub>, la seguridad del transporte y almacenamiento de residuos, el uso del uranio o el supuesto bajo coste del kWh nuclear. Así mismo, Çalik y Coll (2012) afirman que estos temas controvertidos son útiles porque emplean asuntos reales que están presentes en un contexto social particular. Por tanto, asumen un significado social y permiten explorar otros temas (Evagorou y Osborne, 2013). Pero por la cantidad de información a la que se está expuesto, difícilmente se puede cuestionar toda. Es ahí donde se establecen los discursos dominantes que dificultan oportunidades de pensamiento crítico.

Finalmente, en relación con el tercer aspecto, «Asumir posiciones individuales y colectivas en torno a temas sociocientíficos», fue una posibilidad para que los estudiantes valoren con bases científicas y tomen decisiones acerca de la influencia de la ciencia en sus propias vidas, como señalan varios autores (Driver, Newton y Osborne, 2000; Von Aufschnaiter *et al.*, 2007; Aydeniz *et al.*, 2012).

Los posicionamientos finales de los participantes manifiestan posturas propias en relación con la formación como docente. P. ej., la intervención que hacen los estudiantes E8 y E49 indica la necesidad

de efectuar reflexiones sobre el uso de energía en los colegios y estructurarlas en los currículos. Como señalan Zeidler *et al.* (2009), destacar la parte ética, el razonamiento moral y la parte emotiva en el abordaje de las CSC contribuyen al desarrollo integral del estudiante.

Los resultados de este estudio son coherentes con los estudios de otros autores (Sadler, 2004; Dawson y Venville, 2010; Day y Bryce, 2011) que revelan que las CSC son una posibilidad para pensar las cuestiones éticas y la construcción del juicio moral sobre temas científicos. Por tanto, las CSC promueven experiencias formativas de la práctica docente. De esta manera, contribuyen a pensar el rol docente en virtud de dimensiones éticas, articuladas en el contexto científico y didáctico en las aulas, p. ej., Hmelo-Silver y Azevedo (2006) indican que para el diseño apropiado de los currículos se requieren considerar aspectos cognitivos, metacognitivos y de motivación. En nuestro caso, se trataba de una situación contextual con incidencia directa en la vida de los estudiantes que proveen vínculos a la hora de pensar el sentido de la acción pedagógica y didáctica. Esto supone reflexiones desde el contexto para pensar el acceso al conocimiento producido por los distintos campos científicos. También los resultados coinciden con los estudios de Albe (2008), Chi (2009), Osborne (2010) y Evagorou y Osborne (2013), que señalan cómo la construcción de argumentos de forma colaborativa puede posibilitar argumentos y opiniones más fundamentadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACAR, O., TURKMEN, L. y 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.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690902991805>
- ALBE, V. (2008). When Scientific Knowledge, Daily Life Experience, Epistemological and Social Considerations Intersect: Students Argumentation in Group Discussions on a Socio-scientific Issue. *Research in Science Education*, 38, 67-90.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11165-007-9040-2>
- AYDENIZ, M., PABUCCU, A., ÇETIN, P. S. y KAYA, E. (2012). Impact of argumentation on college students' conceptual understanding of properties and behaviors of gases. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10 (6), 1303-1321.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10763-012-9336-1>
- BERLAND, L. K. y LEE, V. (2012). In Pursuit of Consensus: Disagreement and legitimization during small-group argumentation. *International Journal of Science Education*, 34 (12), 1857-1882.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.645086>
- BRAVO TORIJA, B. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2014). Articulación del uso de pruebas y el modelo de flujo de energía en los ecosistemas en argumentos de alumnado de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 32, 425-442.
- BRICKER, L. A. y BELL, P. (2008). Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. *Science Education*, 92 (3), 473-498.  
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.20278>
- ÇALIK, M. y COLL, R. (2012). Investigating Socioscientific Issues via Scientific Habits of Mind: Development and validation of the Scientific Habits of Mind Survey. *International Journal of Science Education*, 34 (12), 1909-1930.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.685197>

- CHI, M. T. H. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1, 73-105.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x>
- CHRISTENSEN, C. K. (2007). *Waiting for certainty: Young people, mobile phones and uncertain science*. Unpublished Ph. D. thesis, Centre for Learning Innovation, Queensland University of Technology.
- DAWSON, V. M. y VENVILLE, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, 40, 133-148.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11165-008-9104-y>
- DAY, S. y BRYCE, T. (2011). Does the Discussion of Socio-Scientific Issues require a Paradigm Shift in Science Teachers' Thinking? *International Journal of Science Education*, 33 (12), 1675-1702.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2010.519804>
- DE PRO CHEREGUINI, C. y DE PRO, A. (2011). ¿Qué estamos enseñando con los libros de texto? La electricidad y la electrónica de tecnología en 3.º ESO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (2), 149-170.
- DÍAZ, N. y JIMÉNEZ-LISO, M. (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.
- DRIVER, R., NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84 (3), 287-312.  
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)  
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.3.CO;2-1](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.3.CO;2-1)
- EVAGOROU, M. y OSBORNE, J. (2013). Exploring young students' collaborative argumentation within a socioscientific issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 50 (2), 209-237.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.21076>
- FURIÓ, C., FURIÓ, C. y SOLBES, J. (2012). Profundizando en la educación científica: aspectos epistemológicos y metodológicos a tener en cuenta en la enseñanza. *Educación en Revista*, 44, 37-57.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-40602012000200004>
- HABERMAS, J. (1981). *The theory of communicative action*. Boston: Beacon Press.
- HODSON, D. (2006). Why we should prioritize learning about science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 6 (3), 293-311.  
<http://dx.doi.org/10.1080/14926150609556703>
- HMELO-SILVER, C. y AZEVEDO, R. (2006). Understanding complex systems: Some core challenges. *Journal of the Learning Sciences*, 15, 53-61.  
[http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls1501\\_7](http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls1501_7)
- HORKHEIMER, M. y ADORNO, T. W. (1994). *Dialéctica de la Ilustración. Fragmentos filosóficos*. Madrid: Trotta.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. y PUIG, B. (2012). Argumentation, evidence evaluation and critical thinking. In *Second international handbook of science education* (pp. 1001-1015). Springer Netherlands.  
[http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7\\_66](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_66)
- KOROLIJA, J. N., RAJIC, S. y MANDIC, L. M. (2008). Education about diet through chemistry learning. *Problems of Education in the 21st Century*, 9, 65-73.
- KUHN, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.  
<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511571350>
- LEVINSON, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28 (10), 1201-1224.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690600560753>

- LOUCA, L. T., ZACHARIA, Z. C. y TZIALLI, D. (2012). Identification, Interpretation-Evaluation, Response: An alternative framework for analyzing teacher discourse in science. *International Journal of Science Education*, 34 (12), 1823-1856.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.671971>
- MARCUSE, H. (1984). *El hombre unidimensional*. Barcelona: Ariel.
- NORRIS, S. P., PHILLIPS, L. M. y KORPAN, C. A. (2003). University students' interpretation of media reports of science and its relationship to background knowledge, interest, and reading difficulty. *Public Understanding of Science*, 12 (2), 123-145.  
<http://dx.doi.org/10.1177/09636625030122001>
- OLIVERAS, B., MÁRQUEZ, C. y SANMARTÍ, N. (2011). The Use of Newspaper Articles as a Tool to Develop Critical Thinking in Science Classes. *International Journal of Science Education*, 1-21.
- OSBORNE, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328, 463-466.  
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1183944>
- POPPER, K. R. (1975). La ciencia normal y sus peligros. En Lakatos, I. y Musgrave, A. (eds.). *Crítica y conocimiento*. Barcelona: Grijalbo.
- REIS, P. y GALVÃO, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in Portuguese natural science teachers' conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34 (2), 153-171.  
<http://dx.doi.org/10.1023/B:RISE.0000033760.04656.a1>
- ROBERTS, R. y GOTT, R. (2006). The role of evidence in the new KS4 National Curriculum for England and the AQA specifications. *School Science Review*, 87, 29-39.
- SADLER, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20009>
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (3), 337-348.
- SOLBES, J. y TORRES, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones socio-científicas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 26, 247-269.
- 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.
- TOPCU, M. S. (2010). Development of attitudes towards socioscientific issues scale for undergraduate students. *Evaluation and Research in Education*, 23 (1), 51-67.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500791003628187>
- VIEIRA, M. R., TENREIRO-VIEIRA, C. y MARTINS, E. (2010). Pensamiento Crítico y literaria científica. *Alambique*, 65, 96-104.
- VILLALOBOS, L. H. (2014). Los fenómenos y sus causas. Una oportunidad para aprender a hacer ciencia y ejercitar la imaginación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 11 (1), 68-82.
- VON AUFSCHNAITER, C., ERDURAN, S., OSBORNE, J. y SIMON, S. (2007). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 101-131.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20213>
- WU, Y. T. y TSAI, C. C. (2010). High school students' informal reasoning regarding a socio-scientific issue, with relation to scientific epistemological beliefs and cognitive structures. *International Journal of Science Education*, 33 (3), 371-400.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690903505661>

- YAGER, R. E. (1993). Science and critical thinking. In Clarke, J. H. y Biddle, A. W. (eds.). *Teaching critical thinking: Reports from across the curriculum*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- YOON, S. (2011). Using Social Network Graphs as Visualization Tools to Influence Peer Selection Decision-Making Strategies to Access Information About Complex Socioscientific Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 20 (4), 549-588.  
<http://dx.doi.org/10.1080/10508406.2011.563655>
- ZEIDLER, D., SADLER, T., APPLEBAUM, S. y CALLAHAN, B. (2009). Advancing reflective judgment through socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (1), 74-101.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20281>
- ZOHAR, A. (2006). El pensamiento de orden superior en las clases de ciencias: objetivos, medios y resultados de investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (2), 157-172.
- ZOLLER, U. (1993). Lecture and Learning: Are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, 70, 195-197.  
<http://dx.doi.org/10.1021/ed070p195>

## ANEXO A.

### TEST

#### UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA PENSAMIENTO CRÍTICO Y CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS

Estimado estudiante

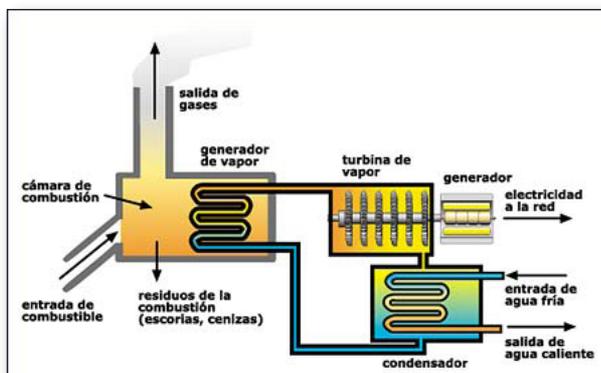
La siguiente situación es utilizada para caracterizar las competencias de pensamiento crítico a partir del abordaje de las cuestiones sociocientíficas (CSC). Se estructura en un formato de pregunta abierta que evalúa las competencias establecidas para este tipo de pensamiento. Es de anotar que sus contestaciones son muy importantes para valorar las implicaciones de las CSC, por tanto agradecemos formidablemente su participación en esta investigación.

Considerando la lectura de los siguientes textos, desarrolla las preguntas que aparecen a continuación:

### La generación de la energía eléctrica

Muchas de las actividades realizadas diariamente, como trabajar en el computador, ver TV, conservar las frutas y verduras, pueden depender de la energía eléctrica.

1. Observe el esquema que aparece a la derecha y describa el procedimiento que se requiere para la generación de la energía eléctrica.



2. ¿Qué otros procedimientos conoce que permitan hacer girar la turbina para producir energía eléctrica?

---

---

---

### **Energía eléctrica en Colombia**

Considerando las sequías asociadas al fenómeno del Niño hacia el año 1992, en Colombia se incrementó la utilización de la energía térmica. El año 2011 hubo una expansión de 1.500 MWh distribuida entre fuentes hídricas y térmicas. En 2005 la producción eléctrica total fue de 50,4 TWh. Las plantas hidroeléctricas generaron el 81,2 por ciento, las plantas térmicas el 18,6 por ciento y la planta eólica Jeparache el 0,1 por ciento del total.

1. ¿Cómo se produce la energía eléctrica en Boyacá y quién la produce?

---

---

---

Se afirma que las centrales hidroeléctricas no son contaminantes, ayudan a frenar la emisión de CO<sub>2</sub> y no producen impactos ambientales.

2. ¿Está de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Cuál ha sido el impacto de las centrales hidroeléctricas en el ambiente y la sociedad? ¿Y el de las térmicas?

---

---

---

### **La privatización de la empresa de energía eléctrica de Boyacá EBSA**

En las últimas décadas del siglo xx, se ha registrado en Colombia una tendencia hacia la privatización de empresas públicas, especialmente en los sectores productivos y de servicios. El gobierno nacional creó un nuevo marco normativo que regulaba el modelo neoliberal fomentado por el Consenso de Washington. Este Consenso hacía recomendaciones de política económica a los países del tercer mundo para afrontar la nueva reestructuración del capital y pagar el servicio de la deuda. En este sentido, la Constitución del 91 profundizó la descentralización política y administrativa e incentivó la rigidez de la ejecución presupuestal destinando gran parte del presupuesto nacional a pagar la deuda externa. La inversión pública del gobierno decreció de manera sorprendente. Entre 1993 y 1996 la inversión, en términos reales, fue del 14%, mientras que en los siguientes 5 años, de 1996 a 2001, descendió al 4,5%, mostrando la imposibilidad del Estado para asumir la financiación de la inversión pública. La reestructuración del sector eléctrico vino acompañada de la «participación» de los inversionistas privados. Esta circunstancia dio cierta credibilidad al mercado colombiano y permitió el acceso a créditos de la Banca Multilateral (la deuda se paga con deuda). En 1996 se inicia el proceso de privatización de varias plantas de generación de energía. Entre ellas se pueden citar hidroeléctricas como Chivos y Betania y las termoeléctricas Termotasajero y Termocartagena. Ya en 1997 se inició la privatización de las electrificadoras de EPSA Empresa.

A partir del mes de septiembre de 2011, varios diarios de nuestro país destacan titulares relacionados con la privatización de la empresa de Energía del departamento de Boyacá.

### Gobierno ratifica venta de la Empresa de Energía de Boyacá

Bogotá, D. C., 18 de octubre de 2011 (Oficina de Prensa del Senado). El senador Juan De Jesús Córdoba (Partido Conservador) defendió la no privatización de la Empresa de Energía de Boyacá, EBSA, tras asegurar que «no se debe vender porque es una empresa rentable, económica y social».

Según el congresista, «esa acción atenta contra el patrimonio de los boyacenses, pues la empresa es un ejemplo de eficiencia en el manejo de los recursos públicos. Además se encuentra entre las cien mejores empresas del país». Durante su intervención, el legislador propuso adelantar un juicio de responsabilidad social a quienes atenten contra el patrimonio del departamento; y sostuvo que el Gobierno tiene cuatro razones para vender la empresa: las fiscales, de endeudamiento, estrategias y de rentabilidad.

Al respecto, el ministro de Hacienda, Juan Carlos Echeverry, respondió ante el cuestionamiento del senador Córdoba y aseguró que «el valor patrimonial de la empresa se ha desvalorizado y por lo tanto es inminente buscar socios estratégicos, además la Nación no debe acumular activos que no le representen rentabilidad». Otra de las razones expuestas por el ministro se relaciona con la optimización de servicios, es decir «calidad a menor precio», según reiteró. Por lo tanto, «si no se venden esos activos se tiene que acudir al cobro de más impuestos», explicó Echeverry. (Ver otros titulares<sup>1</sup>).

Considerando la situación presentada, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Identifica problemas en lo anteriormente descrito? En caso afirmativo, ¿cuáles? ¿Por qué?

---

---

---

2. ¿Considera que la situación descrita anteriormente puede ser objeto de reflexión de las ciencias?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

En caso afirmativo, ¿en qué aspectos y por qué?

---

---

---

3. Está de acuerdo con la privatización de la EBSA. ¿Por qué?

---

---

---

1. En: <http://static.cdn.elespectador.com/noticias/nacional/articulo-306259-empresa-de-energia-de-boyaca-sera-vendida>  
<http://revista.blog.pangea.org/?p=55243&lang=es>.  
<http://www.congresovisible.org/agora/post/privatizar-a-eb-sa-traera-como-consecuencia-el-deterioro-del-servicio-anticipado/2635/>

4. ¿Está de acuerdo con la forma de producción de la energía eléctrica en el departamento de Boyacá?

---

---

---

5. ¿Qué controversias o desacuerdos científicos, relacionados con la producción y el uso de la energía eléctrica, se han dado?

---

---

---

6. Suponga que usted es invitado a un debate donde se discute la implementación de energía eléctrica en el país. Si se requiere su valoración profesional respecto a la temática, ¿cuál sería su declaración?

---

---

---

7. Basándose en la declaración anterior, ¿qué decisiones sería necesario asumir a nivel personal, laboral y familiar respecto a la situación anterior?

---

---

---

Gracias por su colaboración

---

# Contributions of intervention teaching using socioscientific issues to develop critical thinking

Nidia Yaneth Torres Merchán

Facultad de Educación. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja

nidia.torres@uptc.edu.co

Jordi Solbes Matarredona

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia

jordi.solbes@uv.es

This article presents the results of an educational intervention which uses socioscientific issues (SSI) to develop critical thinking in a group of students who are training to become Natural Sciences and Environmental Education teachers. Critical thinking consists of critical skills that involve information's analysis and questioning, the study of multidimensional situations, science and society articulation, and making ethical judgements and decision-making (Solbes and Torres, 2012).

In consideration of the above, the following questions are asked: What is the impact of the intervention program (SSI) used on critical thinking development in scientific education graduates? Particularly, which aspects of critical thinking are more developed?

To answer these questions, a systematic review of literature related to critical thinking and the use of SSI was carried. The concept of critical thinking analysis in the philosophy field, critical pedagogy, and science education allowed to argue that critical thinking is a set of skills that people have to structure their own way of thinking that allows to distinguish arguments' truthfulness and to take position on social situations in order to assume an active role over them.

In relation to this, the investigation was planned in three stages: diagnostic, intervention, and evaluation, with 56 college students of Natural Sciences and Environmental Education. In the intervention, three sequences of activities were developed; one on scientists who have had problems with power to withdraw from scientific issues related to social implications; another one on the use of additives in coffee; and the last one on the use of glyphosate.

The evaluation presented here is done with a pretest and posttest that broaches with the issue of the privatization of electricity production in the region. The first part of the questionnaire is about the production of electricity. The second one deals with the electricity produced in Colombia from water, thermal, and wind sources, and the last part shows Colombia's situation regarding the privatization of public enterprises and fragments of politicians' statements on the subject that is presented. This is a different intervention to ensure that the students acquire the skills of critical thinking.

The answers were analysed quantitatively and qualitatively to assess the effect of an intervention in the classroom by using SSI in the following aspects: understanding science as a social activity; questioning information, which involves the detection of fallacies; and individual and collective decision-making with social responsibility.

The results of the first aspect show if the use of SSI facilitates the understanding of the relationship of science to society, something that is not perceived in the pretest -where students answered that it was just an economic problem. In the post, science is assumed by students as more than a body of knowledge and its social significance is recognised.

Regarding the second aspect -the questioning of the information, as an important element in the development of critical thinking-, an increase in the number of students that detect the fallacy that hydropower plants do not produce environmental impacts is seen in the posttest, since students show to have their own positions about the form of energy production and known controversies in connection with the use of energy power.

Finally, in the third aspect -taking individual and collective positions around socio-scientific issues-, it is clear that the intervention allows students to take their own positions as professionals in natural sciences that promote civic education and the development of values for democratic participation on science and technology.

