



## La enseñanza de la química ambiental: Una propuesta fundamentada en la controversia científica y la resolución de problemas

- The Teaching of Environmental Chemistry: A Proposed Grounded In the Scientific Controversy and Problem Solving
- O ensino de química ambiental: uma proposta baseada na controvérsia científica e solução de problemas

### Resumen

En este trabajo se presenta una investigación realizada en el espacio académico de “Química Ambiental”, de estudiantes de sexto semestre de Licenciatura en Química, específicamente en la temática de sobre recurso hídrico, su importancia, análisis fisicoquímico de aguas, contaminación y tratamiento de estas, con la intención de buscar el mejoramiento de la enseñanza, la construcción de conocimientos y el desarrollo de competencias, en el campo de la formación inicial de profesores de química. Para ello se diseñó y aplicó la unidad didáctica llamada “Agua, recurso y abuso”, la cual se estructuró haciendo uso de la resolución de problemas y la controversia sociocientífica. El desarrollo de dicha unidad abarcó tres etapas: en la primera se identificaron las ideas alternativas que tenían los estudiantes, relacionadas con los conceptos de *cambio químico* y *agua*, este último se exploró tanto desde el punto de vista químico como desde la importancia en los ecosistemas y en la vida del hombre. En la segunda etapa se diseñó e implementó una unidad didáctica que buscaba la reconstrucción de las ideas alternativas, incluyó un análisis de videos, desarrollo de prácticas de laboratorio que fue desde el muestreo en un cuerpo de agua, análisis fisicoquímicos de muestras de agua, visita a una planta de tratamiento de agua potable y trabajo grupal, en torno a controversias sociocientíficas relacionadas con la importancia del cuidado del agua y los diferentes métodos de tratamiento para agua potable. En la tercera etapa, se realizó el seguimiento y análisis de las actividades de aula y laboratorio desarrolladas durante la implementación de la unidad didáctica, lo cual permitió identificar los procesos de aprendizaje. El trabajo realizado favoreció la comprensión y la construcción del conocimiento químico relacionado con las temáticas de análisis y tratamiento del agua, así como el compromiso del hombre en el cuidado del recurso hídrico, de igual forma se evidenció el progreso de los estudiantes en el desarrollo de las habilidades argumentativa, propositiva e interpretativa

### Palabras clave:

Controversia sociocientífica, resolución de problemas, competencias, agua, tratamiento de aguas.

Marisol Ramos R.\*  
Liz Muñoz A.\*\*

\* Licenciada en Química, Magister en Ciencias Químicas, Magister en Gestión Ambiental. Docente ocasional Universidad Distrital Francisco José de Caldas. marunal2001@yahoo.com

\*\* Licenciada en Química, Magister en Docencia de la Química. Doctora en Educación para la Ciencia. Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas. lizm200528@yahoo.com

Artículo recibido el 22-06-2015  
y aprobado el 07-10-2015

## Abstract

In this work a study conducted in the academic area of “Environmental Chemistry”, of sixth semester Bachelor of Chemistry, specifically on the issue of water resources, its importance, physicochemical analysis of water contamination and treatment presents same, with the intention of seeking the improvement of education, building knowledge and skills development in the field of Initial Teacher Training Chemistry. For it was designed and implemented the teaching unit called “water resource and abuse,” which was organized using problem solving and socio-scientific controversy, the development of this unit comprised three stages: the first in which identified alternative ideas that students had related to the concepts of chemical change and water, the latter concept is explored both from the chemical point of view and from the importance to ecosystems and human life; in the second stage a series of activities seeking the reconstruction of alternative ideas were designed, these activities included video analysis, development labs from the show in a body of water, physicochemical analysis of water samples, visit a plant water treatment and group work around socio-scientific controversies related to the importance of water conservation and the different methods of treatment for drinking water and in the third stage, monitoring and analysis of classroom activities performed and laboratory developed during the implementation of the teaching unit allowing to identify the learning processes. The work accomplished promote understanding and construction of chemical knowledge related thematic analysis and water treatment as well as the commitment of the man in the care of water resources, just as the student progress in developing evidenced the argumentative and interpretive proactive about water as a water resource skills, this led to the conclusion that teaching is based on socio-scientific controversy and troubleshooting becomes more dynamic the teaching-learning process and encourages the building of concepts.

Keywords:

[Partner-scientist controversy, problem solving, competitions, water, water treatment.](#)

## Resumo

Neste trabalho é apresentada uma pesquisa realizada na disciplina de “Química Ambiental”, na qual participaram alunos de terceiro ano de licenciatura em Química, especificamente nos temas de recursos hídricos, sua importância, análises físico-químicas de águas, contaminação e tratamento destas visando ao melhoramento do ensino, a construção de conhecimentos e o desenvolvimento de competências no campo da formação de professores de Química. Conforme estes aspectos foi construída e realizada a implementação de uma unidade didática intitulada “Água, recurso e abuso”, a qual foi estruturada na solução de problemas e na controvérsia sociocientífica. O desenvolvimento de dita unidade envolveu três etapas: na primeira foram identificados as ideias alternativas dos alunos conforme os conceitos de mudança química e água, estes aspectos foram considerados a partir do ponto de vista químico e da importância da água nos ecossistemas e na vida do ser humano. Na segunda etapa foi construída e implementada uma unidade didática que procurando a reconstrução das ideias alternativas, o que incluiu uma análise de vídeos, desenvolvimento de práticas de laboratório que foram desde um amostragem de água, análise físico-químico, visita a uma usina de tratamento de água potável e trabalho em grupo voltado à discussão de controvérsias sociocientíficas relacionadas com a importância, o cuidado e o tratamento de água potável. Na terceira etapa foi realizado o acompanhamento e a análise das atividades de sala de aula, bem com o desenvolvimento de laboratórios que possibilitaram identificar os processos de aprendizagem. O trabalho realizado favoreceu a compreensão e a construção de conhecimento químico relacionado com as temáticas de análise e tratamento de água, assim como o compromisso do ser humano no cuidado do recurso hídrico, da mesma forma foi evidenciado avanços dos alunos no desenvolvimento de habilidades para a argumentação, a elaboração de propostas e a interpretação.

Palavras-chave:

[controvérsia sociocientífica, solução de problemas, competências, água, tratamento de águas.](#)

## Introducción

Debido a las implicaciones sociales de la práctica científica, las controversias sociocientíficas son un recurso recurrente en la investigación didáctica, en las clases de ciencias y en la divulgación científica (Jiménez-Liso, Hernández-Villalobos y Lapetina, 2010). Las diferentes opiniones sobre dilemas sociales que surgen y que están relacionadas con la ciencia, se convierten en un punto de partida y en un motor de aprendizaje, así como lo pueden ser las concepciones alternativas y los conflictos cognitivos.

En el proceso de formación científica de los profesores y estudiantes, las concepciones sobre la ciencia se construyen, en la mayoría de los casos, sin la reflexión desde el punto de vista de la *filosofía de la ciencia* (Hodson, 1996). Esta situación se refleja en la acumulación de conocimientos establecidos como dogmas para los estudiantes (García, 1998) y que son olvidados sin encontrar su aplicación dentro de la cotidianidad de la sociedad. Construir una propuesta para enseñar la ciencia, recurriendo a la cotidianidad y a la problematización de la misma, se constituyó en una alternativa para enseñar la *química ambiental* a los profesores en formación de VI semestre del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital en la ciudad de Bogotá (Colombia).

La resolución de problemas fue considerada una estrategia de enseñanza, para que los estudiantes se enfrentaran a situaciones reales o simuladas sobre: la contaminación del agua, su clasificación, propiedades y los tratamientos químicos y físicos. Así mismo, se recurrió a los fundamentos de la *controversia científica* para identificar la comprensión de conceptos, la construcción individual y colectiva de los argumentos elaborados por los profesores en formación. Esto con la finalidad

de promover pensamientos críticos sobre los temas propuestos, los cuales se evidenciaron en las controversias que surgieron en el aula sobre la reflexión, discusión y elaboración de explicaciones científicas, sociales y ambientales de la temática del agua.

## Controversia científica

Según Dascal (1995) la controversia pertenece a la familia de los fenómenos discursivos, dialógicos y polémicos, que parten de una discusión en la que los contendientes buscan la raíz de un tema o problema para llegar a soluciones gracias a la aplicación de procedimientos aceptados. Existen divergencias en las cuales no se concibe que sea necesario llegar a soluciones, debido a que los procedimientos para llegar a estas, no necesariamente son aceptados por las partes involucradas.

La controversia puede ser asumida, según Valverdú (2005), como una polémica que está entre una discusión y una disputa. Estas pueden empezar por un tema o problema específico y rápidamente llegan a expandirse a otros; es necesario aclarar que no se trata exclusivamente de conflictos sin solución aparente, pues se involucran actitudes y preferencias opuestas entre las partes y se requiere que por lo menos dos personas empleen el lenguaje como medio de comunicación e interacción para que los interesados expresen sus opiniones, confrontaciones, argumentos, teorías, etc.

El mismo autor afirma que las controversias científicas están claramente definidas como controversias especiales en las que participa, como mínimo, una disciplina científica desde la cual se cuestionan los resultados del objeto de discusión, protocolos empleados o su aceptabilidad epistémica, sea cual sea el nivel epistémico/metodológico de la crítica o el punto del proceso de la obtención/pro-

cesamiento/exposición de los datos que hayan sido criticados por los diversos participantes en relación y sobre el problema abordado.

## Resolución por problemas

En el campo de la didáctica de las ciencias, la resolución de problemas ha sido estudiada desde diferentes enfoques a través del diseño de heurísticos y herramientas heurísticas que guíen al interesado en la resolución del problema (García, 2000). Frazer (1982) considera que la resolución de problemas es un proceso que utiliza el conocimiento de una disciplina (en este caso la química ambiental) y las técnicas y habilidades de esa disciplina para salvar el espacio existente entre el problema y su solución. La resolución de problemas desde la concepción deweyana conlleva una serie de actividades que deben generar la solución a un problema.

Durante la investigación realizada, se sugirieron situaciones problema contextualizadas en un ambiente conocido por los estudiantes, en el cual se abordó el tema de la importancia del agua mediante elaboración de sus ideas para crear diferentes soluciones recurriendo a diversos aspectos que involucraban explicaciones de tipo científico, social, cultural, etc. Las decisiones de los estudiantes, al elaborar las explicaciones, partieron de sus experiencias y conocimientos construidos sobre el tema.

De este modo se resalta la importancia de desarrollar una herramienta didáctica que permita tomar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como un instrumento que permite potencializar la relación estudiante/conocimiento, y poder generar en él, habilidades de pensamiento crítico y reflexivo, ya que las demandas actuales de la educación así lo establecen.

## Metodología

El proceso de intervención en el aula y la elaboración de la unidad didáctica propuesta forman parte de un macroproyecto titulado: “Construcción de una propuesta de aula interdisciplinaria basada en la resolución de problemas y la controversia científica, centrada en los espacios académicos de Química Básica, Química Inorgánica y Química Ambiental” (Muñoz, Peña, Ramos y Huertas, 2012), dentro del cual se realizó también un trabajo de grado titulado: “Diseño y aplicación de la unidad didáctica ‘Agua, recurso y abuso’,” basada en resolución de problemas y controversia científica” (Puentes y Romero, 2013).

En el trabajo mencionado se construyó la unidad didáctica “Agua, recurso y abuso” desarrollada en cuatro etapas:

1. Identificación de las ideas alternativas que tenían los estudiantes de VI semestre sobre los conceptos de *cambio químico* y *agua*, su estructura, importancia.

2. La construcción de la unidad didáctica en la cual se diseñó y preparó una serie de actividades que sirvieron para que esas ideas alternativas se reconstruyeran, partiendo de la comprensión de los conceptos científicos trabajados durante el desarrollo del programa académico de la química ambiental que incluye: estructura del agua desde el punto de vista químico, importancia del agua en los ecosistemas y en la vida del hombre, análisis fisicoquímico de muestras de agua, contaminación de aguas, tratamiento de aguas potables y residuales.
3. Seguimiento de las actividades de aula, que formaban parte de la unidad didáctica como las prácticas de laboratorio y el trabajo con controversias científicas y situaciones problema para analizar los procesos de aprendizaje.
4. Análisis de los resultados obtenidos, con el propósito de evaluar los objetivos planteados, en cuanto a la identificación y análisis de los argumentos

elaborados por los estudiantes, frente a las situaciones planteadas y la apropiación de los conceptos trabajados.

Para lo anterior se establecieron tópicos a partir de los cuales se recoge y organiza la información, para lo cual se realizó una categorización, en la cual se establece la relación entre resolución de problemas y controversia científica, trabajando así tres categorías que obedecen a las competencias: interpretar, argumentar y proponer (IAP), para posteriormente elaborar una triangulación. Esta última consiste en un procedimiento heurístico orientado a documentar y contrastar información según diferentes puntos de vista y a través de los instrumentos usados como a los diarios de campo, registros fílmicos y documentos obtenidos de la aplicación de la unidad didáctica como recursos de recolección de información.

En las tablas 1 y 2 se presentan las categorías y criterios de análisis con los diferentes instrumentos propuestos para la recolección de información pertinente a la investigación, además de las matrices de criterios de análisis para la triangulación de los instrumentos.

Tabla 1. Categorías y criterios de análisis

CATEGORÍA	CRITERIOS
INTERPRETATIVA	<p><b>A:</b> El estudiante identifica conceptos desde el saber común y cotidiano.</p> <p><b>B:</b> El estudiante reconoce procesos de aplicación de conceptos con una construcción de significados básicos.</p> <p><b>C:</b> El estudiante comprende la información, permitiendo un proceso de construcción de significados dentro de la ciencia.</p>
PROPOSITIVA	<p><b>A:</b> El estudiante formula hipótesis desde su saber común y cotidiano.</p> <p><b>B:</b> El estudiante interpreta, sustentado en conocimientos científicos elementales y conocimientos cotidianos. Muestra un pensamiento hipotético parcial.</p> <p><b>C:</b> El estudiante soluciona problemas desde conocimientos científicos, haciendo uso de un lenguaje científico y fundamentos teóricos apropiados.</p>
ARGUMENTATIVA	<p><b>A:</b> El estudiante expresa ideas sin fundamento teórico pertinente a la temática,</p> <p><b>B:</b> El estudiante explica parcialmente sus ideas de carácter científico.</p> <p><b>C:</b> El estudiante analiza y comprende, haciendo uso de habilidades cognitivas la temática de estudio empleando conocimientos científicos.</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Categorías y criterios según los instrumentos usados. Triangulación

	CONTROVERSIA CIENTÍFICA	COMPETENCIAS CIENTÍFICAS	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS
INTERPRETATIVA	<p><b>A:</b> El estudiante relaciona parcialmente los conceptos científicos en una controversia científica.</p> <p><b>B:</b> El estudiante analiza, desde su conocimiento cotidiano, las diferencias entre su conocimiento y los conceptos científicos frente a la temática de tratamiento de aguas y la construcción de estos conocimientos científicos.</p> <p><b>C:</b> El estudiante comprende las dinámicas sociales, cognitivas y epistémicas de la ciencia favoreciendo la construcción de conocimientos científicos.</p>	<p><b>A:</b> El estudiante identifica conceptos desde el saber común y cotidiano.</p> <p><b>B:</b> El estudiante reconoce procesos de aplicación de conceptos con una construcción de significados básicos.</p> <p><b>C:</b> El estudiante comprende la información, permitiendo un proceso de construcción de significados dentro de la ciencia.</p>	<p><b>A:</b> El estudiante evalúa relaciones entre los datos, reconoce algunas características del tratamiento de aguas</p> <p><b>B:</b> El estudiante identifica alternativas de solución a los problemas planteados.</p> <p><b>C:</b> El estudiante analiza problemas usando las teorías científicas logrando la comprensión de los aspectos planteados.</p>
PROPOSITIVA	<p><b>A:</b> El estudiante diseña opiniones desde su saber común y cotidiano</p> <p><b>B:</b> El estudiante predice hipótesis demostrando un pensamiento crítico parcial.</p> <p><b>C:</b> El estudiante construye su propio discurso sobre cuestiones de ciencia, tecnología y sociedad desde un sustento teórico.</p>	<p><b>A:</b> El estudiante formula hipótesis desde su saber común y cotidiano.</p> <p><b>B:</b> El estudiante interpreta sustentado en conocimientos científicos elementales y conocimientos cotidianos. Muestra un pensamiento hipotético parcial.</p> <p><b>C:</b> El estudiante soluciona problemas desde conocimientos científicos, haciendo uso de un lenguaje científico y fundamentos teóricos apropiados.</p>	<p><b>A:</b> El estudiante formula ideas desde su conocimiento cotidiano</p> <p><b>B:</b> El estudiante deduce mostrando dificultades parciales.</p> <p><b>C:</b> El estudiante soluciona problemas desde un cuerpo de conocimientos teórico y metodológico apropiados.</p>
ARGUMENTATIVA	<p><b>A:</b> El estudiante expresa con dificultad sus habilidades argumentativas en el momento de plantear sus propias ideas</p> <p><b>B:</b> El estudiante demuestra una aproximación media entre las formaciones discursivas científicas y las propias.</p> <p><b>C:</b> El estudiante analiza cuestiones sociocientíficas a través de la comprensión de la naturaleza del conocimiento científico.</p>	<p><b>A:</b> El estudiante expresa ideas sin fundamento teórico pertinente a la temática.</p> <p><b>B:</b> El estudiante explica parcialmente sus ideas de carácter científico.</p> <p><b>C:</b> El estudiante analiza y comprende haciendo uso de habilidades cognitivas la temática de estudio empleando conocimientos científicos.</p>	<p><b>A:</b> El estudiante expone con dificultad ideas para resolver un problema.</p> <p><b>B:</b> El estudiante comunica ideas desde un conocimiento científico elemental.</p> <p><b>C:</b> El estudiante resuelve problemas, enuncia hipótesis y las sustenta desde el conocimiento científico.</p>

Fuente: Elaboración propia

## Resultados y análisis

A continuación se describen los resultados del proceso de implementación de la unidad didáctica y de las controversias, de acuerdo con las etapas descritas en la metodología.

### Primera etapa

Con respecto al *test de ideas alternativas*, este se organizó en bloques temáticos buscando ayudar a los investigadores a realizar el estudio de los conocimientos previos del estudiante, en cuanto a los objetivos que se abordan en el espacio académico de Química Ambiental. Su propósito es que los estudiantes logren

la construcción de conocimiento acerca del agua desde el punto de vista de una matriz ambiental de análisis, la cual es utilizada para diagnosticar del estado de un cuerpo de agua, iniciando con una caracterización fisicoquímica, para luego estar en la capacidad de plantear un posible tratamiento.

El test permitió evaluar los conocimientos relacionados con el ciclo hidrológico, muestreo, posibles contaminantes del agua y los parámetros posibles a analizar en un cuerpo de agua. Las preguntas del test fueron las siguientes:

- Represente el ciclo del agua y explíquelo.
- ¿Cómo se formó el agua en nuestro planeta?
- ¿El agua que usamos ahora es la misma que existe desde el comienzo del planeta Tierra?
- ¿Cómo se forman las nubes? Justifique su respuesta.
- ¿Qué tipo de contaminantes pueden alterar las condiciones del agua?

Los resultados del test mostraron que el 53 % de los estudiantes conoce parcialmente el funcionamiento del ciclo del agua, dejando de lado la interacción del agua con los componentes estructurales de los ecosistemas; algunos de ellos no exponen todas las fases que componen el ciclo del agua y le dan nombres equivocados a los procesos físicos que ocurren allí.

## Segunda etapa

Luego de la implementación y análisis del test se diseñaron y aplicaron las diversas actividades que forman parte de la unidad y se proceden a elaborar e implementar.

## Actividad 1. Viaje del agua

Buscó una construcción significativa de los diferentes conceptos sobre procesos físicos del agua.

Video “El viaje del agua”. Se presentó a los estudiantes un documental elaborado por la BBC, titulado *El viaje del agua*, que tuvo como intención contextualizarlos sobre las características del agua. El objetivo fue relacionar las concepciones alternativas de los estudiantes respecto a las propiedades, carácter dinámico y origen de agua en el planeta. El video tuvo una duración de 40 minutos, al cabo del cual se realizó un debate a partir de preguntas que generaran discusión invitando a los estudiantes a exponer y argumentar sus ideas frente al problema “¿Por qué se dice que el agua en el planeta se está agotando?”. Se pretendía que los alumnos, a partir de la información obtenida del video, fueran reconsiderando sus concepciones y propusieran una respuesta al problema central, recurriendo a la elaboración de sus respectivos argumentos contemplando aspectos como el origen, el ciclo, las propiedades físicas y químicas del agua, así como todo el contexto social que rodea este controversial tema.

Los estudiantes reconocieron el carácter dinámico del agua, comprendieron el ciclo del agua como un fenómeno que implica la interacción con las especies vivas y que es más complejo que su forma de representarlo en los estados de evaporación, condensación y precipitación. Es posible inferir que la actividad permitió analizar las preconcepciones de los estudiantes y dar un preámbulo o inicio de la temática, análisis y tratamiento de aguas potables y residuales.

## Actividad 2

Los temas abordados para orientar el aprendizaje de los estudiantes y las discusiones, se fundamentaron en explicaciones acerca de las generalidades del análisis y tratamiento de aguas, las diferencias entre aguas potables y residuales, la caracterización del agua en cuanto a: determinación de pH, olor, color, temperatura, sabor, turbidez, y sólidos, determinación de dureza, metales pesados, nitritos, nitratos, sulfitos, sulfatos y el análisis biológico del agua correspondiente a la determinación de especies en el agua, proceso de química de la cloración.

Las explicaciones teóricas estuvieron apoyadas con las prácticas de laboratorio desarrolladas sobre situaciones problema previamente formuladas por los investigadores. Por otra parte, la propuesta de estas prácticas de laboratorio fue innovadora, por cuanto permitió a los estudiantes consultar acerca de los métodos existentes en la determinación de parámetros fisicoquímicos del agua como alcalinidad, dureza, cloruros, sulfatos, nitratos, etc.; la importancia sanitaria de la determinación de cada uno de ellos y proponer el método más pertinente para analizar la muestra de aguas suministrada, ajustándolo a las condiciones, reactivos y materiales ofrecidos por el laboratorio. La discusión posterior con sus pares académicos confrontando las opciones que cada grupo tomó y la construcción colectiva para finalmente escoger el procedimiento más adecuado y llegar a puntos en común entre los participantes de la discusión.

Durante el desarrollo de la unidad se llevaron a cabo cinco prácticas de laboratorio, con la finalidad de que el estudiante lograra apropiarse de los análisis necesarios para realizar una caracterización de agua potable y residual, basados en los conocimientos, los fundamentos de los métodos y el análisis de los cambios químicos que se producen en estas determinaciones, para poder interpretar los resultados y así concluir acerca de la calidad de una muestra de agua, que previamente había sido seleccionada para su análisis.

En términos generales se observó que el 75 % de los grupos se mostró interesado en proponer el análisis y las soluciones a la situación problemática planteada; describieron los análisis a realizar; identificaron los problemas que causan la contaminación de los cuerpos de agua y plantearon ideas para su mantenimiento y tratamiento adecuado. Del mismo modo, rescataron la relación entre la industria y el aumento de los diversos contaminantes y propusieron estrategias educativas para mitigar estos impactos negativos.

## Actividad 3

Se presentaron controversias sociocientíficas relacionadas con la importancia del recurso agua y su tratamiento. A continuación se muestran dos ejemplos de las temáticas abordadas y el desarrollo de las mismas:

- **Controversia Amazonas:** Esta controversia fue tomada del libro *Controversias tecnocientíficas* (Martín, 2006). El debate se centró en el tema “El Amazonas y la contaminación. Una controversia sobre agua, industrialización y ecología” (Lejarza y Rodríguez, 2006) con el ánimo de contextualizar una problemática de una región limítrofe entre Colombia y Brasil, con la intención de generar discusiones frente a la contaminación y el uso del agua como recurso natural.

La situación específica de la controversia presentó como contexto una región del Amazonas correspondiente a Brasil, en la que se pretende llevar a cabo un proyecto de desarrollo industrial, tecnológico y económico en un área de la cuenca amazónica de escasa densidad de población, caracterizada por una economía ligada a la pesca y la agricultura tradicionales. En este entorno también se da cierto desarrollo de la actividad turística, que viene aprovechando de manera sostenible el excepcional valor del ecosistema de ese entorno.

La dinámica de la actividad consistió en leer el documento que les fue asignado para identificar la postura de un sector de la población; el salón de clases se ambientó en un clima propicio para el debate, en donde cada uno de los grupos incorporan nuevos argumentos, que el texto les proporcionó y que debían ser expuestos y defendidos. La intención fue que uno de los grupos intentara convencer a los demás que su postura era la solución adecuada frente a la

controversia suscitada por la creación del complejo industrial.

Durante la controversia, el 80 % de los grupos propuso hipótesis que son producto de su conocimiento científico y de su conocimiento cotidiano. Estos grupos tuvieron en cuenta el ambiente social, político y económico, lo que les permitió realizar un análisis más amplio y exhaustivo de la problemática, estudiándola desde diferentes perspectivas. De igual forma se observó que los grupos estuvieron debatiendo durante la controversia e hicieron uso de un lenguaje científico y técnico fundamentado en su cuerpo de conocimientos teóricos.

- **Controversia ventajas-desventajas métodos de desinfección del agua.** ¿Es importante la fluorización del agua?: mediante la lectura de artículos, la consulta bibliográfica por grupos de estudiantes, puesta en común de los diferentes métodos de desinfección de aguas, se desarrolló una controversia dirigida, para finalmente analizar las ventajas y desventajas de los diversos métodos de tratamiento. La pregunta central fue: “¿Cuáles son la ventajas y desventajas de los diferentes métodos de desinfección y si es importante la fluorización en aguas?”.

En esta actividad, se asignaron a los grupos de trabajo los diferentes métodos de desinfección de aguas como son: desinfección con cloro y sus derivados, mediante peróxido de hidrógeno, ozonización, o por radiación UV. Se trabajó lo relacionado con la química de estas sustancias, sus ventajas, sus desventajas, de tal forma que cada grupo debía defender su posición. Adicionalmente se trabajó el artículo:

“El dilema ético de la fluoración de agua potable” (Mendoza, 2007), se estableció una controversia acerca de la conveniencia o no de la fluorización del agua.

El desarrollo de las actividades de controversia permitió a los estudiantes mejorar sus habilidades interpretativa, propositiva y argumentativa; así se incrementó el análisis de los problemas a través de las teorías científicas y se logró la comprensión de los aspectos planteados. Sin embargo, un pequeño porcentaje de estudiantes elaboró explicaciones fundamentadas en el conocimiento cotidiano. La clausura de las controversias fue de común acuerdo, en concordancia con lo que propone Dascal (1995).

#### *Actividad 4. Visita planta de tratamiento Francisco Wiesner (La Calera-Cundinamarca)*

Para contextualizar las temáticas estudiadas se realizó una visita a la planta de tratamiento de agua potable Francisco Wiesner, ubicada en el municipio de La Calera, departamento de Cundinamarca (Colombia). En esta visita el estudiante se acerca al conocimiento de *tratamiento de aguas* desde una situación real y que, además, le permite reflexionar sobre la importancia y pertinencia de los conocimientos construidos, tanto en las controversias, como en los seminarios y prácticas de laboratorio. Los estudiantes demostraron interés durante esta actividad: prestaron atención y preguntaron continuamente.

Producto de esta visita se realizó un taller en el cual los estudiantes retroalimentaron sus conocimientos; el 94 % de ellos recopiló información y expuso sus ideas frente a los conceptos de coagulación, floculación, sedimentación, caracterización fisicoquímica de aguas filtración, desinfección, sin dejar de lado el contexto social, ambiental y económico del país.

A continuación se presenta la triangulación de las categorías y su respectivo análisis, de acuerdo con las categorías y criterios usados y ya enunciados; esto permitió integrar las diversas competencias que se pretendieron valorar y dar un desarrollo lógico a las actividades que integraron la unidad didáctica como lo fueron un diagnóstico inicial (test de ideas previas), lo cual facilitó orientar la elaboración de la unidad didáctica, con una introducción general e importante para captar la atención de los estudiantes, seguida de un proceso de avance en construcción de conceptos químicos en torno al agua, su uso caracterización, tratamiento y cuidado, para lo que se desarrolló una teoría, contrastada con las prácticas de laboratorio, además del desarrollo de las controversias científicas mostradas anteriormente y una visita a la planta de tratamiento de agua potable, permitiendo de esta forma dar una tratamiento integral de la temática de interés.

Tabla 3. Análisis y conclusiones de la triangulación de las actividades

	Análisis	Conclusiones
INTERPRETATIVA	A medida que se avanzaba en la unidad didáctica, los estudiantes demostraron mejor desempeño en la competencia interpretativa.	El desarrollo de las actividades permitió al estudiante entrenar su habilidad interpretativa, incrementando el análisis de los problemas mediante las teorías científicas, logrando la comprensión de los aspectos planteados.
	Lo anterior se sustenta en que, en la actividad del video el viaje del agua ningún estudiante se ubicó dentro del criterio C: en la actividad "Visita a la planta de tratamiento", el 70 % de los estudiantes se ubicó dentro de este criterio. En la actividad "Controversia Amazonas", el 60 % de los estudiantes se calificó en el criterio C.	Sin embargo, se encuentra un pequeño porcentaje de estudiantes en quienes se hace necesario implementar metodologías que motiven al desarrollo de esta habilidad, pues no mostraron evolución durante el proceso, pues a lo largo de las actividades identifican conceptos desde el saber común y cotidiano.
	Cabe resaltar que los porcentajes aquí señalados son promedios de los obtenidos en los análisis de cada actividad.	
	Al comparar los parciales se notó el avance de los estudiantes en su habilidad interpretativa, pues en el parcial 1, el 40 % de los estudiantes se calificó en el criterio C, y en el parcial 2, fue del 60 %.	
	El 50% de los estudiantes logró resolver las preguntas de cada práctica de laboratorio, que llevaban a resolver el problema, mediante las teorías científicas.	
PROPOSITIVA	Respecto a la categoría B se notó una disminución en la población calificada en este grupo. En la actividad "El viaje del agua", el 75 % de los estudiantes se clasificó en esta categoría; en la actividad "Visita a la planta de tratamiento", 30 %, y en "Controversia Amazonas", donde, como se mencionó, los niveles de exigencia son mayores, el 40 %.	
	El comportamiento de las prácticas de laboratorio y los parciales no fue diferente, pues aproximadamente el 30 % de los estudiantes formó parte de esta categoría.	
	La categoría A mostró un comportamiento constante en el porcentaje de estudiantes calificados en este grupo, lo que puede ser un indicio de la disposición de los estudiantes frente a la temática o la metodología usada.	
	Al realizar el análisis para esta categoría se encontró que en el criterio C, en la actividad "El viaje del agua" solo el 25 % de los estudiantes se clasificó en este grupo; para la segunda, "Visita a la planta de tratamiento", el 70 % se calificó con este criterio, y en "Controversia Amazonas" se notó una disminución de porcentaje, pues solo un 20 % se ubicó en este criterio. Esto permite concluir que para los estudiantes su habilidad propositiva se vio afectada cuando se hizo ante el público y en el momento de argumentar y defender ideas.	Al iniciar la aplicación de la unidad, un alto porcentaje de estudiantes formulaba hipótesis desde su saber común y cotidiano. De ese porcentaje, varios estudiantes, en cuanto avanzaba en las actividades, entrenaban su habilidad propositiva, logrando al final solucionar problemas desde conocimientos científicos haciendo uso de un lenguaje científico y fundamentos teóricos apropiados.
	Respecto al criterio B, en la actividad "El viaje del agua", 75 % de los estudiantes se calificó dentro de esta categoría; en la actividad "La visita a la planta de tratamiento", fue del 25 %, y en "Controversia Amazonas", el 40 % formó parte de este grupo. El análisis de este criterio permite concluir que para los estudiantes fue más fácil proponer en un escrito y no de forma verbal.	Otro pequeño porcentaje no enseñó evolución, para lo anterior, es posible afirmar que fue producto de la disposición del estudiante frente a las clases y el conocimiento, sustentados en la actitud expuesta a lo largo del desarrollo de la unidad.
En el criterio A, ninguno de los estudiantes fue calificado dentro de este; sin embargo, en "Controversia Amazonas" se encontró que el 20 % de los estudiantes se calificó en este criterio. Lo que, de nuevo, sustenta la idea planteada anteriormente.		
En los parciales y prácticas de laboratorio se observó un comportamiento similar: en promedio, el 62 % de los alumnos realizó un análisis completo del problema y propuso ideas acerca de la calidad del agua, desde un cuerpo de conocimientos teóricos y metodológicos apropiados; ellos no solo expusieron ideas claras sobre la calidad del agua, sino que además, sugirieron métodos para su desinfección y descontaminación, para mejorar dicho ecosistema, construyendo su propio discurso sobre cuestiones de ciencia, tecnología y sociedad, desde un sustento teórico.		
El 40 % de los estudiantes enunció hipótesis acerca de la calidad del agua; contempló la legislación colombiana; interpretó a partir de conocimientos científicos elementales y conocimientos cotidianos. Mostró un pensamiento hipotético parcial, por tanto, formaron parte del criterio B.		

	Análisis	Conclusiones
ARGUMENTATIVA	Respecto a la categoría argumentativa, 25 % de los estudiantes se calificó con el criterio A en la actividad "El viaje del agua"; en la actividad "Visita a la planta de tratamiento", 10 % formó parte de este grupo, y en "Controversia Amazonas", el 20 %.	Según los resultados anteriores, es posible concluir que en cuanto se avanzaba en la unidad didáctica se evidenció un desarrollo de la competencia argumentativa, pues un alto porcentaje de estudiantes analizan y comprenden, haciendo uso de habilidades cognitivas, la temática de estudio empleando conocimientos científicos.
	En las actividades de los parciales es evidente la evolución que ha tenido la capacidad de argumentar sus razonamientos y resolver problemas, a partir de las hipótesis que plantean y las sustentan desde el conocimiento científico. El 70 % de los estudiantes mostró un rendimiento que los ubicó en el criterio C.	Un porcentaje más bajo expresa ideas sin fundamento teórico pertinente a la temática.
	Las diferentes prácticas de laboratorio que realizaron los estudiantes durante el curso permitieron abrir un espacio en el cual ellos aplicaron los conceptos que se desarrollaron, y encontraron su utilidad en diversos procesos industriales y sanitarios. Los resultados de estas actividades de laboratorio muestran que el número de estudiantes que resolvieron los diversos problemas que se planteaban para cada una de las prácticas iba en crecimiento, partiendo de las hipótesis que plantearon y sustentaron, más del 65% pudo caracterizar cuerpos de aguas reales ubicados dentro de la ciudad, lo que los clasifican dentro del criterio C.	Se evidencia la necesidad de entrenar en los estudiantes la argumentación verbal, dado que se evidenció mayor dificultad en esta que en la escrita.
	Para el criterio B, en la primera actividad del video <i>Viaje del agua</i> , el 50 % de los estudiantes se calificó con este criterio; el 33 % en la actividad "Visita a la planta de tratamiento", y en "Controversia Amazonas", el 40 %. En los parciales, en promedio, el 30 % formó parte de este grupo y en las prácticas de laboratorio el 35 %. El estudiante explica parcialmente sus ideas de carácter científico.	
	El criterio C mostró un comportamiento irregular: en la actividad 1, el 25 % formó parte de este criterio; en la actividad 2 el 50 %, y en la actividad 3, el 40 %. En cuanto a las prácticas de laboratorio y los parciales, el comportamiento fue similar.	

Fuente: Elaboración propia

## Proceso de Evaluación

El proceso de evaluación fue continuo e integral. Se enfatizó en la evaluación formativa, que tuvo como finalidad servir de regulador del proceso de enseñanza y de aprendizaje; por lo cual se evidenciaron tanto las habilidades y destrezas del estudiante como la eficacia de las actividades propuestas en la construcción de conocimientos realizando énfasis en las competencias propositivas, interpretativas y argumentativas, como mencionan (Alonso, Navarro, 2008) estas competencias Científicas de Pensamiento Crítico y Reflexivo se entienden como la capacidad que tiene un sujeto de desarrollar procesos cognitivos, permitiéndole integrar creativa y propositivamente los saberes frente a nuevas situaciones, resolviendo problemas desde una postura crítica, ética y de construcción de significados contextualizados. Dicha postura crítica implica, que además de comprender los fenómenos, se construya una mirada particular en torno a la ciencia misma

## Conclusiones

La propuesta trabajada con los profesores en formación mediante la implementación de la controversia científica, promovieron el desarrollo de competencias, mejorando la enseñanza de las ciencias y la construcción de argumentos desde diferentes posturas de los futuros profesores.

El desarrollo de las actividades de la unidad didáctica facilitó la construcción de conocimientos sobre el cambio químico, análisis y tratamiento de aguas. Lo anterior se evidenció en el desarrollo de las competencias: interpretar, proponer y

argumentar, de los estudiantes, las cuales fueron expuestas en los análisis de los resultados de las diferentes actividades que componen la unidad didáctica.

La controversia científica contribuyó al proceso educativo creando espacios de discusión en los cuales los estudiantes recurrieron a fundamentos teóricos para elaborar argumentos y explicaciones que fueron objeto de confrontación y negociación con sus pares, para así generar conocimiento y reflexionar sobre el tema agua y el impacto ambiental que genera.

El trabajo realizado en el espacio académico de "Química Ambiental" logró evidenciar el grado de comprensión alcanzado por los estudiantes mediante las actividades desarrolladas y las controversias formuladas. Se abordaron problemáticas que involucraban aspectos científicos, sociales y ambientales en contextos familiares, con las cuales se logró un mejoramiento de sus habilidades interpretativas, propositivas y argumentativas a través del desarrollo y evaluación de la unidad.

La importancia en la construcción de esta propuesta didáctica para la formación de docentes en química radica, en que gracias al estudio previo y seguimiento que se le hizo al espacio académico de química ambiental, se detectó una serie de situaciones en la metodología de la clase, que fueron modificadas para que la unidad didáctica "Agua, recurso y abuso" facilitara la construcción de conceptos acerca de la contaminación, análisis y tratamiento de aguas en los estudiantes, lo que quedó en evidencia en los resultados obtenidos durante el desarrollo de las actividades.

## Referencias bibliográficas

- Carvajal, A. y Huertas., N. (2009). Desarrollo de habilidades cognoscitivas y de pensamiento crítico desde una problemática ambiental. Cuarto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores en Ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario. 1111-1117
- Dascal, M. (1995). Epistemología, controversias y pragmática. En: A. Gross *The Rhetoric of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 8-43
- Frazer, M.J. (1982). Solving Chemical Problems. *Chemical Society Review* 11(2), 171-190.
- García, C.M. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes. *Revista Enseñanza de las Ciencias* 16(2), 323-330.
- García, J. (2000). La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química. *Revista Enseñanza de las Ciencias* 18(1), 113-129.
- García, M.A.; Devia, A.R. y Díaz-Granados S. (2002). Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias, Actualización en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas. Capítulo 5, Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio. Universidad Nacional de Colombia.
- Hodson, D. (1996). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 12, 299-313.
- Jiménez-Liso, M.R.; Hernández-Villalobos, L. y Lapetina, J. (2010). Dificultades y propuestas para utilizar las noticias científicas de la prensa en el aula de ciencias. *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación Científica* 7(1), 107-126. Recuperado de: [www.apaceureka.org/revista](http://www.apaceureka.org/revista).
- Lejarza, C. y Rodríguez; M. (2006). El Amazonas y la contaminación. Una controversia sobre agua, industrialización y ecología. En: M. Martín. *Controversias tecnocientíficas*. Diez

casos simulados sobre ciencia, tecnología, sociedad y valores. Barcelona: Octaedro Editorial. 75-90

Martín, M. (2006). *Controversias tecnocientíficas. Diez casos simulados sobre ciencia, tecnología, sociedad y valores*. Barcelona: Octaedro Editorial

Mendoza C. (2007). El dilema ético de la fluoración del agua potable. *Revista Médica de Chile*, 135, 1487-1493.

Muñoz, L.; Peña, L.; Ramos, M. y Huertas O. (2012). *Construcción de una propuesta de aula interdisciplinaria basada en la resolución de problemas y la controversia científica, centrada en los espacios académicos de Química Básica, Química Inorgánica y Química Ambiental*. Proyecto de investigación CIDC. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Navarro, M. (2008), *Cómo diagnosticar y mejorar los estilos de aprendizaje*, Almería, Asociación Procompal.

Puentes, E. y Romero, C. (2013). *Diseño y aplicación de la unidad didáctica "Agua, recurso y abuso" basada en resolución de problemas y controversia científica, para la enseñanza de la temática de agua, en el espacio académico de Química Ambiental*. Trabajo de Grado Programa de Licenciatura en Química. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Vallverdú, J. (2005). ¿Cómo finalizan las controversias? Un nuevo modelo de análisis: la controvertida historia de la sacarina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 19-50.

### Para citar este artículo:

Ramos R., M., Muñoz A., L. (2015) La enseñanza de la química ambiental: una propuesta fundamentada en la controversia científica y la resolución de problemas. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología - Tecné, Episteme y Didaxis*, (38), 133-146.