

# 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

Ramos, M.;  
Universidad Distrital  
marunal2001@yahoo.com

Muñoz L.<sup>1</sup>  
Universidad Distrital  
lizm200528@yahoo.com

### RESUMEN

En este trabajo se presenta una investigación realizada en el espacio académico de “Química ambiental” 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 proceso realizado logró favorecer la comprensión y la construcción del conocimiento químico relacionado con las temáticas de análisis y tratamiento del agua. Así como también, se evidenció el progreso de los estudiantes en el desarrollo de las habilidades argumentativa, propositiva e interpretativa sobre el agua como recurso hídrico.

**Palabras clave:** Controversia sociocientífica, resolución de problemas, competencias, agua, tratamiento de aguas.

### Abstract

---

<sup>1</sup> Docentes Universidad Distrital. Proyecto Curricular de Licenciatura em Química (Bogotá-Colombia). marunal2001@yahoo.com

---

In this work an investigation realized in the academic space of “environmental Chemistry” with the intentionality appears to look for the improvement of education, the construction of knowledge and the development of competitions, in the field of the Initial formation of chemistry professors. For it was designed and applied the didactic unit called “water resource and abuse”, it was structured making use of the problem solving and the partner-scientist controversy. The realized process obtained favored the understanding and the construction of the chemical knowledge related to thematic of analysis and the treatment of water. As well as, the progress of the students in the development of the abilities was demonstrated argumentative, proposing and interpretative on the water like hydric resource.

**Key words:** Partner-scientist controversy, problem solving, competitions, water, water treatment.

## Introducción

Debido a las implicaciones sociales de la práctica científica, las controversias socio-científicas son un recurso recurrente tanto en la investigación didáctica, en las clases de ciencias y en la divulgación científica (Jiménez-Liso et. al, 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 ó 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 de clase 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 (2002) 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 del objeto de discusión sus resultados, protocolos empleados o su aceptabilidad epistémica, sea cual sea el nivel epistémico/metodológico de la crítica o el punto del proceso de la obtención/ procesamiento/exposición de los datos que hayan sido criticado 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 puede entenderse como un proceso que conlleva una serie de actividades que deben generar la solución a un problema.

Durante la investigación realizada la construcción de situaciones problema contextualizadas en una región conocida por los estudiantes, en las cuales se abordaba el tema 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 que tomaban los estudiantes al elaborar las explicaciones partían de sus experiencias y conocimientos construidos sobre el tema.

### **METODOLOGIA**

El proceso de intervención en el aula y las actividades propuestas hacen 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) proyecto 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 tres etapas. Primera, se identificaron las ideas alternativas que tenían los estudiantes de VI semestre sobre los conceptos de cambio químico y aguas. Segunda, se prepararon 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. Tercera, se hizo el seguimiento de las actividades de aula, prácticas de laboratorio y el trabajo con situaciones problema para analizar los procesos de aprendizaje. Finalmente la construcción de la Unidad didáctica y las controversias trabajadas en el aula en la cuarta etapa, permitieron evaluar los objetivos propuestos en cuanto a identificar y analizar los argumentos elaborados por los estudiantes frente a las situaciones planteadas.

## RESULTADOS Y ANALISIS

A continuación se describen los resultados obtenidos.

**Primera etapa:** *Test de ideas alternativas*, éste se organizó en bloques temáticos buscando ayudar a los investigadores a realizar el estudio de los conocimientos previos del estudiante, de acuerdo con los objetivos que se abordan en el espacio académico de Química Ambiental, cuya finalidad fue buscar que los estudiantes lograran construir conocimiento acerca del agua desde el punto de vista de una matriz ambiental de análisis, utilizada para realizar diagnósticos, acerca 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 diseñan y aplican las diversas actividades que hacen parte de la unidad y se proceden a elaborar e implementar la actividad “viaje del agua”, que buscó una construcción significativa de los diferentes conceptos sobre procesos físicos del agua.

---

**VIDEO VIAJE DEL AGUA:** Se presentó a los estudiantes un documental elaborado por la BBC, titulado “el viaje del agua” que tuvo como intención contextualizar a los estudiantes sobre las características del agua. El objetivo fue el de 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 estudiantes 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 tales 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 reconocen el carácter dinámico del agua, comprenden 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.

**Tercera etapa:** 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 Calcio, Magnesio, Metales pesados, Nitritos, Nitratos, sulfitos, sulfatos y el Análisis biológico del agua correspondiente a la determinación de especies en el agua.

Las explicaciones teóricas estuvieron apoyadas con las prácticas de laboratorio desarrolladas sobre situaciones problema previamente formuladas por los investigadores. Las cuales se tornaron innovadoras, en cuanto permitieron a los estudiantes consultar acerca de los métodos existentes en la determinación de parámetros bioquímicos del agua, proponer acerca del más pertinente y elegir cual utilizar para analizar la muestra de aguas suministrada, ajustándolo a las condiciones, reactivos y materiales ofrecido por el laboratorio. La discusión posterior con sus pares académicos confrontando las opciones que cada grupo tomó y la construcción colectiva ayudaron para finalmente escoger el procedimiento más adecuado y llegar a puntos de acuerdo 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 poder concluir a cerca de la cualidad de una muestra de agua, que previamente ha sido seleccionada para su análisis.

---

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

**Cuarta etapa:** Sobre las controversias realizadas se presentan aquí dos ejemplos de las temáticas abordadas y el desarrollo de las mismas:

**Controversia Amazonas:** Esta controversia fue tomada del libro “controversias tecnocientíficas” de Martín (2006). El debate se centró en el tema “El Amazonas y la contaminación. Una controversia sobre agua, industrialización y ecología” (Lejarza y Rodríguez en Martín, 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 recursos 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 un 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 ambienta en un clima propicio para el debate, en donde cada uno de los grupos incorporan nuevos argumentos, que el texto les proporciona y que deberán ser expuestos y defendidos, la intención es que uno de los grupos intente convencer a todos los grupos que su postura es la solución adecuada frente a la controversia suscitada por la creación del complejo industrial.

Durante la controversia es posible analizar que el 80% de los grupos proponen hipótesis que son producto de su conocimiento científico y de su conocimiento cotidiano, estos grupos tienen 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 activos debatiendo durante la controversia haciendo 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?

Esta actividad, se llevó a cabo, asignando 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 U.V. Se trabajó la parte relacionada 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 a cerca 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, incrementando el análisis de los problemas usando las teorías científicas logrando la comprensión de los aspectos planteados. Sin embargo se encuentra un pequeño porcentaje de estudiantes en los cuales fueron elaboradas explicaciones fundamentados en el conocimiento cotidiano. La clausura de las controversias fue por común acuerdo, en concordancia con lo que propone Dascal (1995).

#### VISITA PLANTA DE TRATAMIENTO FRANCISCO WIESNER

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 en el 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 acerca de 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 prestando atención y preguntando continuamente.

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

#### PROCESO DE EVALUACION.

El proceso de evaluación fue continuo e integral, se realizó énfasis en la evaluación formativa, esta evaluación tiene como finalidad servir como un regulador del proceso de enseñanza y de aprendizaje dejando en evidencia 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.

#### CONCLUSIONES

La propuesta trabajada con los profesores en formación implementando la controversia científica, favoreció el desarrollo de competencias mejorando la enseñanza de las ciencias y la construcción de argumentos desde diferentes posturas, lo que se espera redunde en su formación docente y en la enseñanza de las ciencias.

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 evidencio 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 con el 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 generar conocimiento y reflexionar sobre el tema agua y el impacto ambiental que genera. Así como entender la dinámica en que se construye la ciencia.

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 abordando problemáticas que involucraban aspectos científicos, sociales y ambientales en contextos familiares logrando un mejoramiento en sus habilidades interpretativas, propositivas y argumentativas a través del desarrollo y evaluación de la unidad.

#### BIBLIOGRAFIA

- DASCAL, M. **Epistemología, controversias y pragmática**. En Isegoría/12 (1995) Gross, Alan G. *The Rhetoric of Science*, Cambridge, MA. Harvard University Press.1990.
- FRAZER, M.,J. Solving Chemical Problems. **Chemical Society Review**, 11(2), p. 171-190. 1982.
- GARCIA, J. La solución de situaciones problemáticas:una estrategia didáctica para la enseñanza de la química. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, 18 (1), 113-129. 2000
- GARCÍA, M. A.; DEVIA, A. R.; DIAZ-GRANADOS, S. **Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias, Actualización en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas**. Capítulo 5, Cooperativa editorial magisterio, Tesis de Magister, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. 2002.
- GARCIA, Cruz. De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes. **Revista Enseñanza de las Ciencias**. 16 (2), 323-330. 1998
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, 12, p. 299-313. 1996
- JIMÉNEZ-LISO, M.R.; HERNÁNDEZ-VILLALOBOS, L. Y LAPETINA, J. Dificultades y propuestas para utilizar las noticias científicas de la prensa en el aula de ciencias. **Revista Eureka Enseñanza y Divulgación Científica**. 7(1), pp. 107-126. 2010. Acceso en [www.apaceureka.org/revista](http://www.apaceureka.org/revista).
- LEJARZA, C; RODRÍGUEZ, M. **El Amazonas y la contaminación. Una controversia sobre agua, industrialización y ecología en:** Martin, M. *Controversias tecnocientíficas*.

Diez casos simulados sobre ciencia, tecnología, sociedad y valores. Octaedro Editorial. Barcelona. España. 2006

MARTIN, M. **Controversias tecnocientíficas. Diez casos simulados sobre ciencia, tecnología, sociedad y valores.** Octaedro Editorial. Barcelona. España. 2006

MENDOZA C. El dilema ético de la fluoración del agua potable. **Revista Médica de Chile.** No 135: 1487-93. 2007

MUÑOZ, L.; PEÑA, L.; RAMOS, M.; HUERTAS, O. **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, Universidad Distrital. 2012.

PUENTES, E; ROMERO, C. **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. Universidad Distrital. 2013.

VALLVERDÚ, J. ¿Cómo finalizan las controversias? Un nuevo modelo de análisis: la controvertida historia de la sacarina". En **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad.** Vol. 5, N° 2 pp. 19-50. 2005.