

# TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS:

## UNIDAD DIDÁCTICA

### COMO EJE INTERDISCIPLINAR EN CIENCIAS

**Diana Paola Vaca Daza<sup>1</sup> Fredd**

<sup>1</sup>dpvacad@unal.edu.com

**Alberto Monroy Ramírez<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>famonroyr@unal.edu.co

<sup>1,2</sup>Facultad de Ciencias,  
Universidad Nacional de Colombia  
Colombia

#### **Resumen**

Este proyecto planteó una estrategia didáctica para la enseñanza – aprendizaje de los principios fisicoquímicos del tratamiento primario de aguas residuales, siendo este, un eje articulador para enseñar diferentes conceptos de química, física y biología, de modo que se plantearon cuatro unidades teóricas – experimentales, en las cuales se desarrollaron los contenidos con actividades de diferentes estilos, con el fin de mejorar la comprensión y apropiación del conocimiento de forma interdisciplinaria. La implementación de la estrategia didáctica se realizó en la Institución Educativa Departamental (IED) Integrado San Cayetano, en el casco urbano del municipio de San Cayetano, Cundinamarca, Colombia, con estudiantes de grado undécimo. Se realizó una prueba diagnóstica y final para establecer el progreso del aprendizaje de los estudiantes, por medio del análisis del Índice de dificultad y Ganancia de Hake, en el cual se determinó que la incidencia de la estrategia fue alta y mejoró los procesos de enseñanza – aprendizaje de los conceptos desarrollados.

#### **Abstract**

This project proposed a didactic strategy for the teaching - learning of the physicochemical principles of the primary treatment of wastewater, this being an articulating axis to teach different concepts of chemistry, physics and biology, so that four theoretical - experimental units were proposed, in which the contents were developed with activities of different styles, in order to improve the understanding and appropriation of knowledge in an interdisciplinary way. The implementation of the didactic strategy was carried out in the Integrated Educational Institution (IED) San Cayetano, in the urban area of San Cayetano, Cundinamarca, Colombia, with eleventh grade students. A diagnostic and final test was carried out to establish the progress of the students' learning, through the analysis of the Difficulty Index and Hake Gain, in which it was determined that the incidence of the strategy was high and improved the teaching processes - learning of the concepts developed.

**Palabras clave:** Agua residual, contaminación hídrica, estrategia didáctica, tratamiento primario, unidad teórica-experimental.

#### **Introducción**

La educación en Colombia se ha venido desarrollando por el modelo de enseñanza tradicional y a pesar que existen nuevos medios para los procesos de enseñanza - aprendizaje, hay cierta rigidez por parte de algunos docentes en abrirse a metodologías diferentes que les permitan adecuar sus estrategias de enseñanza de acuerdo con las circunstancias de modo, tiempo y lugar.

Las ciencias naturales como la química, la física y la biología están constituidas por cuerpos teóricos y experimentales estrechamente vinculados, por lo tanto su enseñanza debería realizarse de la misma manera. No obstante, es frecuente que en la enseñanza de estas ciencias en el ámbito escolar se dé prioridad al aprendizaje memorístico y mecanicista de conceptos y fórmulas, y a la resolución de problemas de lápiz y papel, lo cual genera dificultades en la concepción integral de las ciencias y su relación con la cotidianidad de los estudiantes. Por esta razón, una propuesta interesante para transformar esta situación es el planteamiento de problemas reales del entorno del estudiante para que pueda involucrarse como agente activo en la búsqueda de soluciones a dichas dificultades.

Para que el estudiante aprenda ciencias, es necesario proporcionarle experiencias de aprendizaje interesantes, novedosas y trascendentales para él, con las que adquiera el hábito de observarlas activa y sistemáticamente, de tal manera que pueda encontrar por si mismo las respuestas a sus preguntas, y logre una actitud científica y un juicio crítico (Gámez, 2009, citado por Peña & Sandoval, 2011). Como lo indica Peña (2012), los estudiantes, con la implementación de una serie de actividades de exploración e interacción con su entorno cotidiano desarrollan una mejor competencia y comprensión de los procesos y fenómenos de la naturaleza.

De acuerdo con lo anterior, una situación de contexto para el estudiantado puede ser el problema de la contaminación del agua. Dada la importancia que tiene el agua en la vida de los seres vivos, es necesario incluir en la enseñanza de las ciencias la conservación de los recursos hídricos. Ibarra (2007), afirma que la educación formal en el tema del agua presenta problemas que deben ser corregidos. Primero: la falta del estudio del agua como recurso para el uso humano buscando la concienciación de los estudiantes en los problemas de la escasez y contaminación del mismo con la idea de motivar actitudes personales de ahorro y eficiencia. Segundo, los materiales educativos que abordan el tema del agua tienden a intereses políticos y económicos que generan ideas erróneas del problema y finalmente, el tratamiento teórico que se hace del tema del agua es disciplinar más no integrador, lo que conduce a una presentación fragmentada de los conocimientos y a una simplificación desmesurada de la complejidad de los contenidos asociados a la ecología del recurso.

En este orden de ideas, la propuesta de trabajo articuló las ciencias naturales con la realidad del estudiante, estimulándolo para que él mismo evidenciara el problema de la contaminación de las fuentes de agua por el agua residual doméstica. A partir de esta evidencia, mediante una estrategia didáctica, se realizó un proceso de tratamiento primario del agua (proceso físico-químico), y por medio de un monitoreo de su limpieza, utilizando un método óptico (físico), se le permitió al estudiante una mejor comprensión de algunos conceptos propios de las ciencias naturales, una reflexión de las problemáticas ambientales directas de su entorno y la apropiación de su territorio como patrimonio.

## Métodos

La estrategia didáctica que se utilizó para el desarrollo del proyecto es la de una investigación de tipo cuasi - experimental. Con la finalidad de cumplir todos y cada uno de los objetivos, se llevaron a cabo los siguientes procesos:

Se inició con la revisión de los estándares curriculares del Ministerio de Educación Nacional (MEN), la malla curricular planteada por el colegio en el cual se aplicó la estrategia didáctica y la base teórica que soporta al tratamiento primario de aguas residuales. Con ello, se diseñó y aplicó una prueba diagnóstica (inicial), que permitió identificar los conceptos que manejan los estudiantes de las ciencias (química, física, biología) y que están relacionados con el tratamiento primario de aguas residuales.

De acuerdo con lo obtenido en la prueba diagnóstica, se identificaron los elementos teóricos y prácticos mínimos suficientes para iniciar el trabajo. De esta manera, se diseñaron tres unidades teóricas-experimentales para relacionar los conceptos con los que se trabaja la estrategia y para enfocar la construcción de modelos y montajes que sirvieron para evidenciar la práctica de los conocimientos relacionados con tratamiento primario de aguas residuales domésticas.

Luego, se desarrolló una unidad experimental consistente básicamente en dos partes: (1) Implementación de las técnicas del tratamiento primario de aguas residuales y (2) Implementación de un microscopio casero para el monitoreo de la limpieza de muestras de agua, objeto de estudio. Para finalizar, se realizó la aplicación de un post test para la validación de la estrategia didáctica mediante la comparación y análisis de resultados, por el método de Ganancia de Hake (Hake, 1998).

De acuerdo con el proceso mencionado anteriormente, se muestra en la fig. 1 los conceptos que fueron desarrollados en la estrategia didáctica mediante las unidades teóricas-experimentales.



**Fig. 1.** Conceptos desarrollados en la estrategia didáctica

Mediante la determinación de los temas relacionados desde las diferentes áreas, se estructuró la estrategia didáctica, la cual se constituyó de cuatro unidades teóricas - experimentales con las siguientes relaciones entre los temas escogidos (fig. 2).



Fig. 2. Unidades teóricas – experimentales de la estrategia didáctica

Cada una de las unidades teóricas – experimentales, presentó la siguiente estructura:

- **Nombre de la Unidad:** Da una idea e invitación al estudiante del tema a desarrollar.
- **Pregunta orientadora:** Invita al estudiante a reflexionar sobre el tema a tratar.
- **Objetivos:** Se plantea las habilidades que obtendrá el estudiante después de realizar la unidad.
- **Fundamento teórico:** Se brinda una breve información de los conceptos básicos que se abordarán en la unidad, ya que estos serán desarrollados en gran parte por los estudiantes.
- **Actividades:** Se plantean las experiencias que se realizará en la unidad.
- **Bibliografía relacionada**

## Resultados

Se inició con la ejecución de la Unidad No. 1: ¡¡Aguas, aguas!!, la cual, presentaba una serie de actividades como: el desarrollo de juegos mediante los cuales se explica las etapas del ciclo del agua, mapas mentales a partir del Informe sobre el Desarrollo de los Recursos hídricos en el Mundo (UNESCO, 2003) y comparación de muestras de agua residual domestica; de acuerdo con esta serie de trabajos, los estudiantes indicaron que la manera de enseñar a otros mediante juegos, es una forma didáctica y diferente que posibilitan una mejoría en el aprendizaje y una integración de la comunidad educativa; en relación al informe del recurso hídrico, los estudiantes expresan que en el municipio se debe realizar campañas que promuevan en cuidado del recurso, ya

que en este es usado en muchas ocasiones de manera inapropiada lo que afecta a toda la comunidad y al desarrollo sostenible del mismo, en cuanto a la comparación de las muestras de agua, tienen en cuenta los parámetros para la calidad y las propiedades organolépticas y con ello la toma de conciencia que tienen sobre el mismo, ya que es necesario e imprescindible para vivir.

En la Unidad No. 2: Como agua para el universo, se realizaron experiencias prácticas, en las cuales se clasificaban sustancias puras (elemento y compuesto químico, mezclas), propiedades de los fluidos (adhesión, cohesión y tensión superficial) y métodos de separación de mezclas; de acuerdo con los experimentos realizados, los estudiantes clasificaron correctamente los elementos según sus propiedades y ubicación en la tabla periódica, los compuestos en orgánicos e inorgánicos según su fórmula estructural y en cuanto a las mezclas, se debió realizar una retroalimentación para mostrar diferencias y aclarar los conceptos respectivos de la experiencia, determinaron de forma correcta la diferencia entre las propiedades de los fluidos y los métodos de separación que se deben utilizar según las mezclas dadas para la práctica. Para la conclusión de estas prácticas, los estudiantes indicaron que la experimentación hace efectiva la teoría, ya que de manera diferente y con montajes sencillos, se pudieron aclarar y aprender muchos conceptos, además de lo dinámico que se pudo volver el aprendizaje.

Luego, en la Unidad No. 3: ¡¡OJO!! Mira lo que hay, se visualiza un video: MAN by Steve Cutts, que muestra la incidencia del hombre sobre la naturaleza, se realiza una interacción con una aplicación virtual: El agua, recurso indispensable para la vida (Instituto de Ciencias y Tecnología Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona) y una experiencia práctica de propiedades de coloides (efecto tyndall y movimiento browniano); según el desarrollo de las actividades, los estudiantes reflexionaron acerca de las acciones humanas sobre el recurso hídrico, el cuidado y conservación de la naturaleza; en relación con la aplicación virtual, se mostraba mediante animaciones distintos temas relacionados con el agua (estados de agregación, formulación atómica, procesos de potabilización y depuración de agua residual), donde había información teórica, experimentos de laboratorio y al final de cada módulo se evaluaron los conocimientos y los conceptos tratados. En este sentido, las valoraciones obtenidas, mostraron que los estudiantes si tenían claros los conceptos y que hay nuevos conocimientos integrados. Para el caso de la experiencia práctica, los estudiantes se sorprendieron por la facilidad de los procedimientos y a la vez por la visualización de los conceptos a tratar, en este informe, los estudiantes recalcaron que el rol del docente en los laboratorios, debe ser alguien dinamizador del conocimiento, activo durante la práctica e instructor del saber.

Por último, en la Unidad No. 4: Muestra de agua residual, se realizó un laboratorio como cierre del proceso llevado a cabo con los estudiantes. El objetivo principal de esta unidad era realizar un tratamiento de “limpieza” a una muestra de agua residual doméstica recolectada por el grupo de estudiantes, cada procedimiento realizado

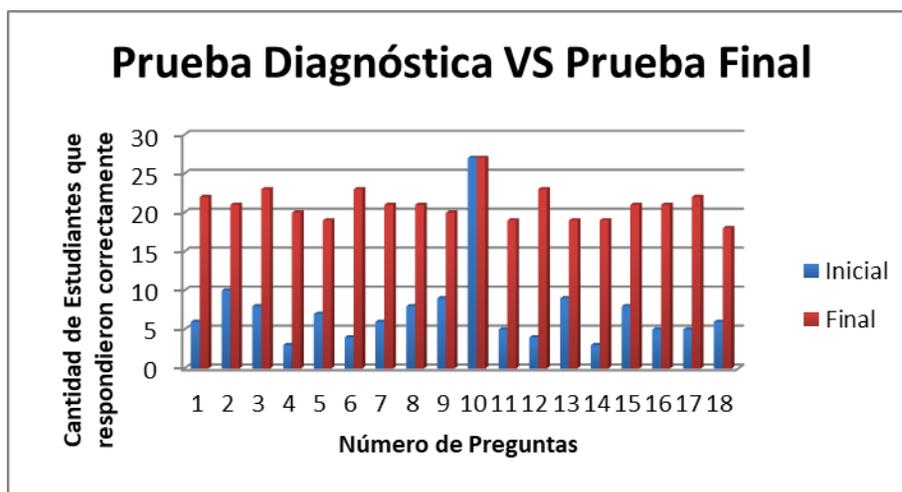
(propuesta dada por cada equipo de trabajo) fue monitoreado por medio de un microscopio casero para observar la disminución de partículas suspendidas después de cada proceso y determinar la eficiencia de cada uno. La experiencia práctica se dividió en dos secciones: la primera, en la construcción del microscopio casero; y en una segunda parte, el procedimiento de limpieza a la muestra de agua residual doméstica para luego de cada proceso, visualizar la muestra con ayuda del microscopio construido.

En la ejecución de los métodos de separación, cada grupo aseguró su “limpieza” mediante la visualización de las gotas de agua, determinando que cada paso, si incidía en la disminución de las partículas de la muestra tratada, además del cambio de apariencia en manchas de grasa y tamaño de los sólidos suspendidos presentes en la muestra. Conforme con los informes de laboratorio, todos los grupos identificaron las muestras de agua recolectadas, como mezcla heterogénea; la mayoría de propuestas plantearon procesos de filtración (con colador, papel filtro cualitativo o pañuelo), otros de decantación y calentamiento de la muestra. Los estudiantes consideraron que no se puede beber la muestra después del procedimiento ya que algunas tienen sustancias que se adicionaron en el proceso como desinfectante, lo que afecta las características del agua. Además el uso que se le podría dar al “agua residual limpia” sería para sanitarios o pisos, cosas en las que no requiera agua potable.

## **Discusión**

Con el fin de determinar los conocimientos referentes a las temáticas escogidas de las ciencias y el eje interdisciplinar, se planteó y aplicó una prueba diagnóstica, que permitió conocer cuáles eran las ideas previas de los estudiantes. Conforme con esto, se diseñó la estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de los principios físico – químicos del tratamiento primario de aguas residuales. La prueba se constituyó de 18 preguntas de opción múltiple con única respuesta con la finalidad de poder cuantificar y analizar cada una de las opciones de las preguntas, antes y después de la implementación de la estrategia didáctica; de las cuales, se tuvieron en cuenta todos los conceptos relacionados que se desarrollaron dentro de la propuesta. Por tal razón se realizó un análisis de comparación entre las respuestas obtenidas entre la prueba diagnóstica y la prueba final por medio del Método de Ganancia de Hake, donde se evidenció a través de un cálculo, qué tanto han aprendido los estudiantes, lo cual sirvió para comprobar la utilidad de la metodología empleada y con ello reorientar la estrategia didáctica inicial, si así lo requería.

En la fig. 3 se visualiza el incremento de los aciertos de los estudiantes en las preguntas de las pruebas aplicadas antes y después del proceso.



**Fig. 3.** Resultados de la Prueba diagnóstica versus Prueba final

Acorde con los resultados obtenidos, inicialmente el porcentaje promedio de aciertos de los estudiantes en la prueba diagnóstica fue de 27,39 %, luego de la implementación de la estrategia didáctica para la enseñanza – aprendizaje de los principios físico-químicos del “tratamiento primario” de aguas residuales domésticas, hubo un incremento del 50,94% es decir, el porcentaje promedio en la prueba final de aciertos de los estudiantes fue de 78,33%, siendo un avance amplio para el desarrollo de conocimientos, actitudes y habilidades en los temas relacionados con las ciencias, tomando como eje articulador el tratamiento de depuración de aguas negras.

### **Análisis a partir del Índice de Dificultad**

Con el fin de hacer el análisis para determinar el avance en el aprendizaje de los estudiantes, se calcula el Índice de dificultad y con ello, identificar las preguntas que muestren la información necesaria para tal fin. Este Índice de dificultad, se halla según Doran (Garduño, López y Mora, 2013):

$$P = \frac{N_i}{N}$$

Dónde  $P$  es el Índice de dificultad,  $N_i$  es número de personas que respondieron correctamente las preguntas y  $N$  es el número total de estudiantes que contestaron la prueba. El índice de dificultad de las preguntas se considera muy difícil (MD) si está entre 0 – 0.35; moderadamente difícil (mD) entre 0.35 – 0.60; moderadamente fácil (mF) 0.60 – 0.85; y por último muy fácil (MF) 0.85 – 1.00 (Cárdenas, 2014). Conforme con lo anterior, se eliminaron las preguntas que se clasificaron en MF y mF, ya que habrán sido contestadas por la mayoría de los estudiantes correctamente y no permitirá visualizar el avance real de los estudiantes en cuanto al aprendizaje.

Según la clasificación del índice de dificultad, se tiene que de las 18 preguntas que consta la prueba diagnóstica, hay una pregunta de categoría moderadamente difícil (mD) y una muy fácil (MF), las demás hacen parte de la clasificación de muy difícil (MD), ya que la mayoría de los estudiantes no respondieron correctamente en la prueba inicial. La anterior clasificación se realiza para tomarlo como base de los análisis que continúan con el Método de Ganancia de Hake.

### Ganancia de Hake

Con el objetivo de establecer el progreso del aprendizaje de los estudiantes después de la implementación de la estrategia didáctica, se calcula la Ganancia de Hake, la cual se define como la razón del aumento de una prueba preliminar (pre) y una prueba final (post) respecto al máximo aumento posible (Hake, 1998), es decir, permite determinar la eficacia de una metodología de enseñanza respecto a algún tema en particular. Con los resultados obtenidos en la Prueba diagnóstica y la Prueba final, se determinó la Ganancia normalizada de Hake  $\langle g \rangle$  mediante la siguiente ecuación (Hake, 1998):

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle Sf \rangle - \% \langle Si \rangle}{100 - \% \langle Si \rangle}$$

Dónde  $\% \langle Sf \rangle$  es el porcentaje obtenido en la prueba final y el  $\% \langle Si \rangle$  es el porcentaje obtenido en la prueba diagnóstica. La ganancia puede tomar valores entre 0 y 1, en la cual, se categoriza la ganancia de la siguiente forma:

**Tabla 1.** Valor de categorización de Ganancia de Hake

Valor de Ganancia	Categoría
0.0 – 0.30	Baja
0.30 – 0.70	Media
0.70 – 1.00	Alta

Se calculó la Ganancia de Hake por pregunta, para comparar el avance del aprendizaje en los estudiantes, de acuerdo con las respuestas correctas dadas en la Prueba diagnóstica y la Prueba final. Teniendo en cuenta los cálculos realizados, se analizaron algunos casos a partir de la eliminación de ciertas preguntas dependiendo de la categoría del índice de dificultad y la Ganancia determinada.

En el primer caso, se eliminaron las preguntas que estuvieron en el rango muy fácil (MF) según el índice de dificultad, de esta forma, se encontró que la pregunta 10 está en dicha clasificación, en consecuencia, se realizó nuevamente el promedio de la Ganancia de Hake sin tener en cuenta la décima pregunta. De esta forma, se tuvo que el promedio de la Prueba diagnóstica para este caso fue de 23,12% y de la Prueba final fue de 77,06%, es decir aumentó 53,94% respecto a la prueba inicial, y la ganancia normalizada promedio fue de 0,70, lo cual se ubica en la clasificación de ganancia alta.

En el segundo caso, se analizó con la eliminación de preguntas que están en el rango moderadamente difícil (mD), en el que se encuentra la pregunta 2, de acuerdo con ello, se promedia las ganancias, sin las preguntas 2 y 10. En este caso, se obtuvo que el promedio de la Prueba diagnóstica fue de 22,25% y de la Prueba final de 77,00%, es decir aumentó 54,75% y la ganancia normalizada en promedio fue de 0,70, es decir, está en el rango de ganancia alta.

Dado lo anterior, se observó que en el análisis de los diferentes casos de: tener el promedio de la ganancia de todas las preguntas (0,71), el promedio de la ganancia eliminando las preguntas de rango muy fácil (0,70) y el promedio de la ganancia eliminando las preguntas de rango moderadamente difícil y muy fácil (0,70), se determinó que la Ganancia de Hake está en la categoría alta, es decir, la incidencia de la estrategia didáctica tiene un gran impacto en la población objeto de estudio.

## **Conclusiones**

El tratamiento primario de aguas residuales domésticas como eje interdisciplinar de ciencias, es una base efectiva para la enseñanza de los conceptos relacionados con las áreas de química, física y biología, puesto que se evidenció un amplio avance en el aprendizaje de los estudiantes, en las evaluaciones de las diferentes actividades aplicadas durante la estrategia didáctica y la comparación de las respuestas acertadas de la prueba diagnóstica y final

Las situaciones de contexto como las ambientales, son ejes que permiten adaptar diversos contenidos y aplicaciones de las áreas del conocimiento, ya que a pesar que cada disciplina se constituye de un cuerpo teórico y experimental particular, las conexiones que tienen con la realidad genera la interdisciplinariedad, de modo que se convierte en una oportunidad para extrapolar a otros ambientes y con ello, mostrar el uso del conocimiento en la vida real, sin quedarse en algo netamente teórico y sin funcionalidad.

El mayor aporte que tuvo la estrategia didáctica del presente proyecto, fue la construcción de un microscopio casero que se utilizó para el monitoreo de un tratamiento primario artesanal de agua residual doméstica, del cual, los estudiantes en general mostraron aceptación y motivación por la fabricación del mismo, además de la sorpresa que tuvieron cuando pudieron visualizar las muestras de agua recolectada, lo que hizo más llamativo para ellos, la experiencia práctica. De igual forma, la aplicación de esta última unidad de la estrategia, unió todos los conceptos vistos en la implementación, lo que hizo que se generara una mayor conceptualización de los contenidos relacionados con el eje articulador y con ello la efectiva incidencia de la metodología utilizada.

Respecto a la población objeto de estudio y los resultados obtenidos, se pudo inferir que tuvieron un gran avance en el desarrollo del conocimiento relacionado con el tratamiento de aguas residuales, ya que se evidenció un aumento en los aciertos de las respuestas en las preguntas de la Prueba inicial y Prueba final. Conforme con la determinación del Índice de dificultad, la mayoría de las preguntas son de tipo muy difícil (MD), en consecuencia, se observó un progreso en la cantidad de respuestas correctas al final del proceso, lo que hace más notorio el rendimiento que presenta los estudiantes en el transcurso de la estrategia aplicada.

En relación a la Ganancia de Hake, el Índice de dificultad de cada una de las preguntas y haciendo las diferentes consideraciones, como el análisis sin las preguntas de rango muy fácil (MF) o moderadamente difícil (mD), se tiene que en todos, el promedio fue de 0,70, que corresponde a la categoría alta en la Ganancia de Hake, es decir, que la incidencia de la metodología utilizada con los estudiantes de grado undécimo de la IED Integrado San Cayetano, del municipio de San Cayetano, Cundinamarca, es alta y con ello, el cumplimiento del objetivo principal de la estrategia.

## Referencias

- Cárdenas**, A. (2014). Enseñanza de la radiación electromagnética a través de la metodología de aprendizaje activo (M.A.A.). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Garduño**, L., López, A. y Mora C. (2013). Evaluación del aprendizaje conceptual del movimiento en caída libre. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, Volumen (7). 275 – 283. Recuperado de: [http://www.lajpe.org/jun13/LAJPE\\_777\\_Lilia\\_GarduA\\_o\\_preprint.pdf](http://www.lajpe.org/jun13/LAJPE_777_Lilia_GarduA_o_preprint.pdf)
- Hake**, R. (1998). Interactiva-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*. Vol 66 (1), 64-74
- Ibarra**, J. (2007). Nuevos contenidos educativos sobre el agua y los ríos desde una perspectiva CTS. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. (6), p. 714-728.
- Peña**, E. (2012). Uso de actividades experimentales para recrear conocimiento científico escolar en el aula de clase, en la institución educativa Mayor de Yumbo. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Peña**, E. & Sandoval, L. (2011). La actividad experimental en la reconstrucción del conocimiento científico. *Tecné, Episteme & Didaxis: TED*. Número extraordinario.
- UNESCO** (2003). Agua para todos. Agua para la vida. Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Recuperado de: <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>