

# Enseñanza de la mecánica de fluidos mediante la fracturación hidráulica: un caso de formación del sujeto político a través de asuntos sociocientíficos

Teaching fluid mechanics through hydraulic fracturing: a case of developing political sensibilities of people through socio-scientific issues

Mauricio Ortega<sup>1</sup>, Nelson Hoyos<sup>1</sup>, Roberto Nardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Educación y Pedagogía, Universidad del Valle, Ciudad Universitaria de Meléndez, Calle 13 # 100 – 00, Cali, Valle del Cauca, Colombia.

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências - UNESP - Campus de Bauru, Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa.

\*E-mail: [mauricio.ortega@correounivalle.edu.co](mailto:mauricio.ortega@correounivalle.edu.co)

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

## Resumen

El objetivo principal de esta investigación fue contribuir al proceso de formación de estudiantes como sujetos políticos a través de la enseñanza del asunto socio-científico de la fracturación hidráulica. Fue una investigación cualitativa, se diseñó una unidad didáctica de actividades y se realizó un grupo focal con dos estudiantes del programa de licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad del Valle. Para la toma de datos se utilizaron cuestionarios y la grabación de un encuentro virtual entre los estudiantes y el investigador. En el análisis se triangulaban el encuentro virtual, el diseño y las ideas previas. Las conclusiones sugieren que la utilización de este asunto sociocientífico en la enseñanza de la física puede permitir al estudiante contextualizar la disciplina y destacan el valor de la construcción colectiva entre pares.

**Palabras clave:** Formación sociopolítica del profesor de ciencias; Asunto socio-científico; *Fracking*; Mecánica de fluidos; Enseñanza de las ciencias.

## Abstract

The main objective of this research was to contribute to the training process of students as political subjects through the teaching of socio-scientific case of hydraulic fracturing. It was a qualitative investigation; a didactic unit of activities was designed and a focal group was carried out with two students from the Bachelor's Program in Mathematics and Physics at the Universidad del Valle. For the data collection, questionnaires and the recording of a virtual encounter between the students and the researcher were used. In the analysis, the virtual encounter, the design and the previous ideas were triangled. The conclusions suggest that the use of this socioscientific matter in the teaching of physics can allow the student to contextualize discipline and highlight the value of collective construction between peers.

**Keywords:** Sociopolitical training of the science teacher; Socio-scientific issue; Fluid mechanics; Science teaching.

## I. INTRODUCCIÓN

La extracción de hidrocarburos es un asunto de debate mundial ya que genera controversias desde distintos ámbitos, el social, el político, económico, ambiental, científico y ético, ahora bien, en Colombia el debate actual se centra en la pertinencia no solo económico si no además ambiental de la extracción de petróleo a través de la fracturación hidráulica (*fracking*) hasta el punto de aprobar pruebas pilotos en nuestro territorio, pruebas que ha generado amplias discusiones en diferentes contextos y que toma relevancia su estudio y análisis desde la enseñanza de la física.

Teniendo en cuenta la problemática, nos planteamos responder la siguiente pregunta central ¿Cómo aportar a la formación del sujeto político a través del abordaje del ASC del *fracking* en el proceso de enseñanza de la física?, contribuyendo así desde una perspectiva alternativa de enseñanza de las ciencias al objetivo principal de contribuir con la formación de estudiantes en formación inicial de profesores de física como sujetos políticos a través de la enseñanza del asunto socio-científico de la fracturación hidráulica en estudiantes de educación media.

Se realizó un diseño de unidad didáctica (UA) de actividades en la cual se tomó como referente el modelo de investigación dirigida. Posterior al diseño se realizó un ejercicio dialógico con profesores en formación inicial, con el fin de resignificar y transformar el diseño de la unidad didáctica de actividades.

Una vez realizado el ejercicio dialógico se hizo una triangulación del análisis de este ejercicio, los referentes conceptuales y el diseño de la UA, brindando conclusiones interesantes que responden a la pregunta de investigación, algunas de estas conclusiones fueron el acercamiento de la enseñanza de las ciencias por medio de los ASC y en particular el *fracking* a la formación de sujetos capaces de reflexionar, criticar, proponer y actuar para la transformación de su realidad; contexto, también el gran potencial que tiene el ejercicio de planeación en conjunto, como un ejercicio potente que permite poner en juego diferentes perspectivas sobre las ciencias y su enseñanza.

## II. MARCO TEÓRICO

La noción del sujeto político, se conceptualiza la idea de sujeto, como un ser social con capacidad de razonar, formar concepciones del mundo bajo una perspectiva propia de su naturaleza, además de eso, es importante verlo como un ser capaz de resignificar y comprender su realidad, buscando interpretar el contexto en el que se encuentra con el fin de modificarlo, asimismo, un planteamiento interesante es que *“mientras el sujeto se construye y reconstruye el mundo se está construyendo así mismo fortaleciendo la idea de la no separación del sujeto y su mundo”* (Hoyos, 2015, p. 53), por lo cual la visión del sujeto está dada como el ser que realiza procesos de conocimiento, reconocimiento, de reflexión y de comprensión, tanto interno como externo; lo interno se relaciona más con el pensamiento y lo externo con la acción.

Por otro lado, Martínez (2013) propone reconocer el sujeto, como sujeto potente con capacidades de reflexionar, decidir y actuar frente a diversos asuntos sociales, también con capacidades de conectarse con el mundo, para resignificarse y resignificar el contexto en el que habita, esto implicaría al sujeto pensar sobre su existencia y el papel que desarrolla como un actor de la sociedad.

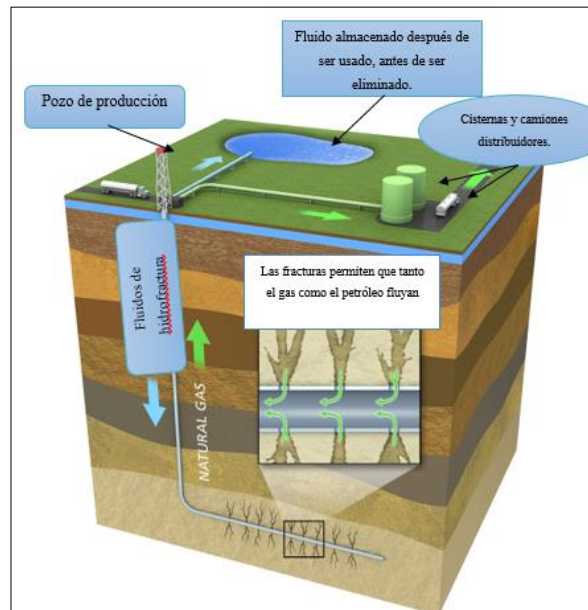
### B. Asuntos socio-científicos como enseñanza alternativa de la ciencia

Los ASC se caracterizan según Álvarez (2013) porque no tienen una respuesta única, ya que al estar relacionado con distintos ámbitos llegan a tener una gama amplia de debates desde diferentes perspectivas, que pueden desenvolver distintas respuestas y soluciones dependiendo del razonamiento del sujeto o estudiante en este caso, por otra parte, cabe aclarar que al ser asuntos que involucran la actividad científica es necesario tener en cuenta las leyes, principios, teorías, conceptos y demás para la comprensión de dicha actividad. Así, al involucrar estos asuntos se busca en el estudiante según Zenteno (2010) una actitud crítica y argumentativa teniendo en cuenta el contexto de la actividad científica con claridad de los diversos ámbitos implicados en esta. Además de tener la posibilidad de tomar postura sobre la ciencia como un proceso social que no debería ser privilegiado sobre otros procesos y que, como actividad humana, trae consigo tensiones con relación a los sujetos y al contexto en el que se realiza dicha actividad.

### C. La fracturación hidráulica *fracking* como asunto socio-científico

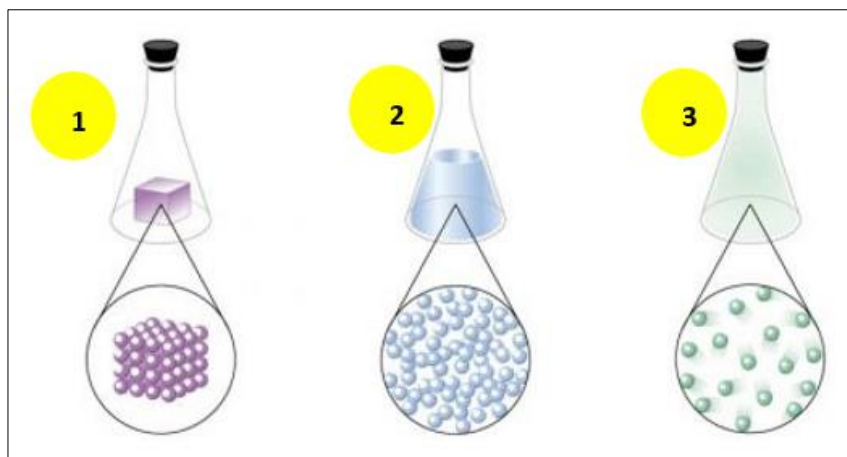
La implementación del *fracking* en distintos países empieza según Charry-Ocampo & Pérez (2017), con un estudio geológico o exploración del terreno en donde se va a perforar el suelo, para ello se utilizan distintos métodos y técnicas que garanticen que la inversión que se hará si valga la pena, una de las técnicas más usadas son los métodos sísmicos de tecnología geofísica que toma imágenes de 3D del suelo y del subsuelo para así guiar las perforaciones, para ello se hacen unos agujeros de 5 a 20 metros de profundidad en los cuales se deposita dinamita y se hace explotar con el

fin de que las ondas generadas por la explosión emitan una señal de movimiento que es transformada por un geófono a una señal eléctrica que otros equipos toman esa información y la interpretan generando las imágenes en 3D del terreno desde el subsuelo.



**FIGURA 1.** Diagrama esquemático de un pozo horizontal de gas o petróleo de lutitas. Nota. Tomado de *Fracking el bálsamo milagroso* y adaptado para este trabajo. Copyright (Heingberg) 2014.

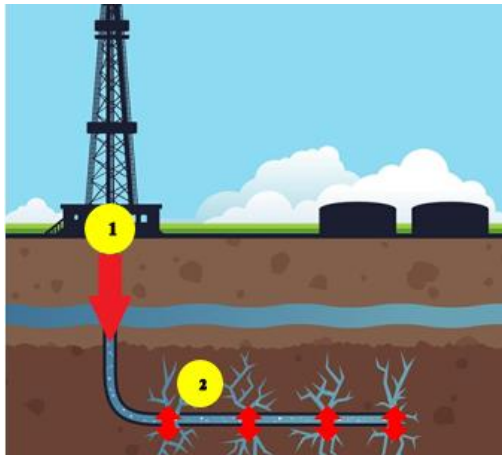
Hay variedad de conceptos de la física involucrados en la explicación del *fracking*, en particular el relacionado con la mecánica de fluidos, pero para comprender lo que relaciona la mecánica de fluidos es necesario interpretar primero que nada lo que es un fluido, en este caso tomamos referencia al autor Falco (2012) que lo define como un sistema en el que la fuerza de atracción de las moléculas es más pequeña que la fuerza de atracción de un sólido, lo cual les impide mantener una forma definida, además añade que “se define como fluido a la sustancia que se deforma continuamente al ser sometida a un esfuerzo tangencial o cortante, no importando cuán pequeño sea este (p.151-152)” Una de las propiedades más importante de un cuerpo es su densidad, así como se puede evidenciar en la figura 2 las fuerzas intermoleculares mantienen las moléculas cercanas entre sí, formando de algún modo lo que conocemos como el estado sólido, líquido y gaseoso.



**FIGURA 2.** Estados de la materia: 1. Corresponde al sólido. 2. Corresponde al líquido. 3. Corresponde al gas. Nota. Tomado y adaptado de *La guía química de María José*. Copyright 2019.

Cuando decimos que se logra percibir el concepto de densidad, nos referimos a que entre mayor sea la fuerza intermolecular mayor será la densidad.

Por otro lado, como se muestra en la siguiente figura, podemos observar en qué sentido y dirección está dirigida la fuerza ejercida por la inyección del agua.



**FIGURA 3.** Las flechas (Rojas) indican la fuerza ejercida en las direcciones señaladas, mientras que los círculos (Amarillos) señalan momentos importantes en el proceso de fracturación. Nota. Tomado de Noticias Uvirtual, Díaz Real R (2016). Copyright 2016.

Además de ver en la figura la dirección y sentido de la fuerza aplicada podemos señalar un aspecto importante en el principio de Pascal, este es que a pesar de que la presión a lo largo de todo el tubo es la misma, la fuerza cambia del momento 1 al momento 2, esto se debe a que el área transversal del momento 1 (En el tubo) es más grande que el área del momento 2 (En las fisuras), por tal motivo esa fuerza que es aplicada en el momento 1 es mucho más grande que la fuerza del momento 2, a esto se debe las presiones tan grandes para poder abrir esas fisuras.

Por otro lado, debemos tener en cuenta que, al ser un proceso por inyección, los fluidos en movimiento se pueden analizar teniendo en cuenta la continuidad y el principio de Bernoulli, la primera *“indica que la tasa de flujo de volumen tiene el mismo valor en todos los puntos a lo largo de cualquier tubo de flujo.”* (Young et al. 2009. p. 467), mientras que el principio de Bernoulli habla sobre *“el trabajo efectuado sobre una unidad de volumen de fluido por el fluido circundante es igual a la suma de los cambios de las energías cinética y potencial por unidad de volumen que ocurren durante el flujo”* (Young et al., 2009, p. 467).

### III. DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación está diseñada para abordar desde la enseñanza de la física, integrando al aula el *fracking* como una actividad científica que puede resultar interesante para la enseñanza de la física, por este motivo se asume un rol en el que se muestre el papel de las ciencias en la actualidad y sus controversias, de este modo se exige que los ciudadanos tengan postura sobre diversas actividades científicas que puedan alterar su futuro o el futuro de generaciones venideras, es por ello que se plantea una enseñanza alternativa que permita en los estudiantes y los profesores comprender el *fracking*, con el fin de que puedan tomar decisiones, plantear argumentos responsables, consciente, críticas y propositivas además de incorporar el lenguaje científico en sus argumentaciones.

Por tal motivo se busca que a través de la metodología se logre cumplir los objetivos propuestos en la investigación, por medio de la recolección de datos y análisis de los mismos, de este modo se utiliza la metodología cualitativa sugerida por Cerda (1993) que explica, este tipo de investigación se caracteriza por la interpretación que se le dan a las cosas y fenómenos ya que no pueden ser captados o expresados plenamente por la estadística o las matemáticas, además se utiliza en el análisis de datos la inferencia inductiva, también se utiliza preferentemente la observación y la entrevista abierta, por lo que no tienen distintos parámetros de estandarización como técnicas en la recolección de datos y centra el análisis en la descripción de los fenómenos y cosas observadas.

#### A. Fase 1: diseño de la unidad didáctica de actividades

Castillo (2011) propone que los estudiantes se puedan formar como ciudadanos con habilidades en ciencias que le permitan conocer e interpretar su realidad, entendiendo los conceptos extrapolándolos al momento de resolver problemas de esta en la vida cotidiana. Se propone una enseñanza de las ciencias en la que se incentive la indagación, experimentaciones, observaciones de campo y también la construcción colectiva de conocimiento, esto con el fin de que los estudiantes se vuelvan participativos, críticos, personas de acción que propongan y puedan lograr un cambio en su realidad y que aporte a la transformación de su contexto social.

Se ha optado por realizar un diseño enfocado en las UA, diseñando a través del modelo de investigación dirigida. El diseño realizado consta de cuatro momentos tienen sus respectivos propósitos:

Momento 1: Recopilación y reconstrucción de saberes. Esta fase tiene cuatro sesiones como mínimo, busca las ideas previas de los estudiantes y construir sobre ellas las nociones y conceptos que se proponen como lo son los recursos naturales, el agua, el petróleo y actividades y prácticas científicas que son implementadas en Colombia.

Momento 2: Indagación de nueva información. Para ello se desarrolla en dos sesiones, se busca presentar información diferente a la ya presentada, encaminando al estudiante hacia la problemática que se piensa trabajar y mostrándole desde distintas perspectivas dicha problemática, teniendo en cuenta que el ASC que se trabaja en este diseño relaciona el petróleo, se busca que el estudiante note a este recurso como el recurso natural no renovable más importante para la economía mundial, sin embargo, es el causante de muchas guerras, inequidades y divisiones políticas en el mundo, no obstante, también se busca que el estudiante vaya haciendo conjeturas de algunos conceptos físicos que se presentan en esta fase.

Momento 3: Creación hipótesis. Tiene una duración de tres sesiones de clase, en esta fase se trabaja los conceptos y nociones físicos que hay detrás de la fracturación hidráulica utilizando experimentaciones, analogías y conjeturas para estudiarlos, algunos de estos conceptos son la presión, la densidad, viscosidad, el caudal, principio de Pascal, principio de flotabilidad, ecuación de continuidad y principio de Bernoulli, mientras que también se incluye la noción de la diferencia de presión en un sistema.

Momento 4: Conclusión. Está integrada de dos sesiones, en la cual se busca que el estudiante pueda darle un cierre a todo lo realizado durante toda la unidad didáctica de actividades esto con el fin de evidenciar su progreso, por medio de una recopilación de saberes que el estudiante ha construido buscando así que él desde su perspectiva pueda criticar y transformar por medio de acciones su realidad y por lo menos la de su familia con respecto al *fracking* como actividad científica envuelta en tantos ámbitos controversiales de la sociedad, por otro lado se propone que el estudiante se involucre en un campo de acción.

## **B. Fase 2: dialogo entre pares, transformación y resignificación de la UA**

El ejercicio dialógico se realizó con dos docentes, que actualmente laboran enseñando física en instituciones educativas en Valle del Cauca-Cali, además son estudiantes de la licenciatura en Matemáticas y Física, cursando últimos semestres, se añade el hecho de que tenían la disposición e interés para hacer parte de la discusión del diseño de la UA.

La discusión en torno a la UA por parte de los docentes pares se distribuyó en dos momentos, en un primer momento se les envía un cuestionario con el fin de poder evidenciar algunas ideas previas, en cuanto a su postura frente a la enseñanza de las ciencias de acuerdo a sus experiencias en las instituciones educativas en la que laboran. Y en segunda instancia una serie de preguntas que nos permitió como investigadores obtener esas ideas previas que tienen sobre algunos temas de interés encaminados a la enseñanza de la ciencia por medio de los ASC. Se les propuso las siguientes preguntas: ¿Le parece pertinente el uso de problemáticas socio-ambientales relacionadas con actividades científicas en la enseñanza de la física? ¿Eres conocedor del *fracking* como actividad científica? ¿Cómo enseñarías la mecánica de fluidos en reposo y movimiento en el aula de clases? ¿Reconoces las propiedades, leyes y conceptos físicos que están implicados en la extracción del petróleo por medio del *fracking*? ¿Conoce qué es un asunto socio-científico y le parece pertinente utilizar estos asuntos en la enseñanza de la física?

En el encuentro virtual se tomaron los datos respectivos mediante la grabación de la sesión en la que como se dijo anteriormente se produjo un ejercicio dialógico entre los investigadores como moderadores del grupo y los docentes pares, a partir de lo dialogado en el encuentro se completó un cuestionario, por medio de la grabación y transcripción de ciertos momentos respondiendo así las preguntas en dicho cuestionario, este cuestionario consta de categorizar por fases los comentarios y discusiones realizadas a lo largo del encuentro de acuerdo a lo que se pudo observar y escuchar, se aclara que este cuestionario fue completado por el investigador teniendo en cuenta los aspectos descritos anteriormente.

## **C. Fase 3: análisis del encuentro virtual entre pares.**

Para el análisis, se tuvieron en cuenta tres criterios: a) las discusiones del diseño -surgidas por el tiempo utilizado para las sesiones y fases-; b) la metodología en las actividades y pertinencia de estas -por medio de una rejilla de análisis y una descripción amplia de lo observado en cada fase-, con posterioridad se realizó un análisis triangulando los momentos significativos; y, c) la descripción de las fases y el marco teórico de este trabajo. Por último, se modificó el diseño de acuerdo a lo dialogado con los docentes pares en el encuentro virtual.

#### IV. RESULTADOS

Con relación al ejercicio dialógico que se realizó, se puede afirmar en el entendido que la construcción colectiva permite pensar el quehacer del profesor desde diferentes contextos en la solución de las problemáticas que nos rodean, considerando la argumentación como un elemento con el que se construye nuevos significados donde la física juega un papel fundamental en la respuesta a problemáticas complejas, así como la generación de nuevas preguntas.

En el contexto de un profesor en ejercicio la construcción colectiva de planeaciones de clases o proyectos integrados abre la ventana a nuevas formas de ver y entender las disciplinas y su enseñanza, reconociendo en estas nuevas apuestas el papel que tiene la constitución de comunidades de práctica que permita poner en juego las prácticas y los saberes de los profesores.

Con relación a la rejilla de análisis y cuestionarios nos permitió evidenciar que los profesores en el ejercicio dialógico aun piensan en la física como algo estático, una disciplina que está alejada de las demás como lo expresan en el cuestionario de ideas previas que a la pregunta ¿Cómo enseñarías la mecánica de fluidos en reposo y movimiento en el aula de clases? Su respuesta fue *“Mediante la explicación del concepto, actividades que vinculen a contextos reales”*, además concuerdan en que *“se debería hacer en un diagrama aparte, porque este diagrama une la parte del fracking pues con la parte física, pero si sería bueno aislar la parte física como parte de tu asignatura, para mirar hasta qué punto los estudiantes se apropiaron de ese análisis”* una idea que pone en juego que la ciencia es una disciplina aséptica y descontextualizada, que sus productos y su quehacer no tiene ninguna relación con las tensiones sociales, políticas, económicas, en contravía de todas las evidencias en particular con el *fracking*, donde se puede inferir que es una actividad humana que puede ser y debe ser cuestionada por tratarse una actividad humana y que como tal responde a variados intereses.

A partir del diálogo además se logra inferir que en general a los profesores les cuesta ver la física como actividad que puede aportar a la solución de problemáticas contextualizadas y en diálogo con otras disciplinas permite la comprensión y solución de las mismas, con el caso del *fracking* como un ASC, se pudo evidenciar de los momentos significativos y la rejilla de análisis, que estudiar la extracción de petróleo relaciona ámbitos tales como: lo político, lo ambiental, lo económico y lo social, por otro lado según lo expresado por los docentes pares podemos decir que para ellos este asunto si relaciona los distintos ámbitos en los cuales genera controversias, contrastando con la idea inicial que ellos tenían sobre la enseñanza de la física, en la cual la enseñanza de la física y la física no es susceptible de discusión y controversias, en el ejercicio de conversación dialógica validan como un ASC en particular el *fracking*, es un problema complejo que implica a la física y a su enseñanza desde una perspectiva sociocultural, en el sentido que obliga pensar a las ciencias como una actividad humana.

Por otra parte, en cuanto a la formación de sujetos políticos podemos notar que los profesores en formación tienden a pensar en la idea de que algunas actividades por si solas pueden generar en el estudiante un resultado esperado, pero claramente esta es una idea que se aleja de la noción del profesor como sujeto político, donde una de las características principales es que debe resignificar las actividades de acuerdo al contexto en el que se encuentran el profesor y los estudiantes, por otro lado en el ejercicio dialógico los participantes afirman que: *“una acción para que los estudiantes aporten a la solución de la problemática”*, ahora bien este comentario nos permite inferir que los estudiantes pueden por medio de dichas actividades reflexionar, proponer y tomar decisiones, pero además de eso que el estudiante sea crítico y proponga alternativas al asunto que se propone e incluso que se incluyan y participen en la transformación de la realidad.

#### V. CONSIDERACIONES FINALES

Pensar en la formación científica y su relación dialéctica con la formación sociopolítica del sujeto en el desarrollo de esta investigación se pudo evidenciar que la formación en ciencias no es neutral con respecto a la visualización del mundo y que está se entrelaza con la formación en lo social y político, puesto que se puede notar que las acciones, actividades y prácticas que realiza la ciencia siempre tiene un impacto en la sociedad que repercute en la manera como los sujetos se relacionan entre sí y con su entorno social y ambiental.

La utilización de los ASC permite que esta relación entre la formación científica y la formación sociopolítica del sujeto se logre notar puesto que las actividades humanas (*fracking*) que se puedan estudiar desde la formación científica permitirá que el estudiante construya formas creativas de ver y entender el mundo que lo rodea planteándose alternativas a la solución de problemáticas que impactan las comunidades.

La enseñanza alternativa de las ciencias les permitió a los profesores en formación inicial, repensar de física como una disciplina que no está alejada de las demás, en una disciplina que puede tratar asuntos complejos integrando otras disciplinas en pro de pensar y reflexionar de una manera más amplia los problemas, así como trabajar asuntos que pongan en juego la física, puede enriquecer sustancialmente las clases de ciencias, por otro lado que la utilización



de los ASC en las actividades puede permitir que el estudiante sea propositivo, crítico, reflexivo y que transforme su realidad y quizás las de sus compañeros o familia mediante salidas de campo, debates en clase, exposiciones, mesas redondas, trabajos en equipo o escenarios de acción, o utilización de herramientas que le permitan cuestionarse y entre muchas más actividades que se pueden encontrar en el diseño de unidad didáctica de actividades, en consecuencia estas son las características de lo que nosotros llamamos sujetos políticos.

Para finalizar, se busca proponer elementos de reflexión que aporten a la formación inicial de profesores como sujetos políticos utilizando los ASC para la enseñanza de la física, estos elementos son:

- La necesidad de incluir en la formación inicial de futuros profesores de física las reflexiones de los ASC como un enfoque curricular que permite problematizar los problemas del contexto social y cultural y poner en juego la actividad científica desde una perspectiva sociocultural.
- Buscar que los docentes en formación se apropien de su labor docente y se vuelvan sujetos que aporten a la transformación de las realidades desde el uso del conocimiento científico, logrando que encuentren alternativas y soluciones ante los asuntos o problemáticas que sucedan en su contexto.
- Problematizar la física, esto es, como docente ver la física desde una perspectiva sociocultural en la que se resignifique la forma de pensar en física, el currículo y la forma de enseñarla.

## AGRADECIMIENTOS

A CAPES/PROAP – Brasil y a AUIP, por el apoyo para el presente artículo de investigación.

## REFERENCIAS

- Álvarez, J., Castro, M., Cuesta, G., & Virviescas, L. (2013). El maestro como sujeto político y sus implicaciones en el campo educativo y social, Caso: Hogar infantil mariposas. Trabajo de grado, Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Castillo, K., Chaves, E & Moya, A. (2011). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. *Revista ensayos pedagógicos*, 6(1), 115-132.
- Cerda, H. (1993). *Los elementos de la investigación: como reconocerlos, diseñarlos y construirlos*. Bogotá: El Búho.
- Charry-Ocampo, S. & Pérez, A. (2017). Efectos de la estimulación hidráulica (fracking) en el recurso hídrico: Implicaciones en el contexto colombiano. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(1), 135-164. DOI: 10.18359.
- Heinberg, R. (2014). *Fracking el bálsamo milagroso: La falsa promesa del fracking hace peligrar nuestro futuro*. [Snake oil. How fracking's false promise of plenty imperils our future] (Manuel Peinado Lorca), (2da ed). Barcelona: Icaria.
- Hoyos, N. (2015). El rol del profesor desde su concepción de ciencia: aportes a la construcción del sujeto político. Tesis de maestría. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Martínez, M. (2008). *Redes pedagógicas: la constitución del maestro como sujeto político*. Colombia: Editorial magisterio.
- Martínez Ramirez, L. (2017). Efectos del fracking y estrategias de las principales potencias en las caídas del precio del petróleo (Monografía para optar por el título de Especialista en Negocios Internacionales e Integración Económica). Bogotá: Fundación Universidad de América.
- Sánchez Blanco, G. & Valcárcel Pérez, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y ciencias*, 11(1), 33-44.
- Young, Hugh D. & Roger A. Freedman. (2009). *Física universitaria volumen 1*. 12 ed. México: Pearson educación.
- Zenteno-Mendoza, B., & Garritz, A. (2010). Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos socio-científicos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*. 7(1), 2-25. DOI: 10.25267.