



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Uso de Cuestiones Sociocientíficas para promover una
formación científica y acciones sociopolíticas
en los educandos:
Discusiones sobre la práctica del Fracking en Colombia**

Autor

Carlos Andrés Mazo Murcia

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación, Departamento de Estudios Avanzados

Medellín, Colombia

2020



Uso de Cuestiones Sociocientíficas para promover una formación científica y acciones sociopolíticas en los educandos: discusiones sobre la práctica del *fracking* en Colombia

Carlos Andrés Mazo Murcia

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Educación en Ciencias Naturales

Asesores (a):

Paula Andrea Amelines Rico, Magister en Educación

James Stevan Arango Ramírez, Magister en Educación

Línea de Educación en Ciencias Naturales

Grupo de Investigación ECCE

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación, Departamento de Estudios Avanzados

Medellín, Colombia

2020

*Esta investigación fue terminada mientras
miles de personas marchan en Colombia y
en Chile, en busca de mejor educación e
igualdades sociales para todos,
un agradecimiento a todos ellos*

*Gracias a mi madre por darme una biblioteca
gigante, repleta de libros, que me
enamoraron del conocimiento. A mi padre por su
paciencia cuando yo la perdía, a mis asesores,
seguramente exhaustos por mi personalidad
impredicable, a mis maestros por su enorme paciencia,
dedicación y sabiduría, a mis compañeras y amigos.*

CONTENIDO

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Acciones sociopolíticas desde los intereses tras las prácticas científicas (Reflexiones metacientíficas)	7
2.1.1 Reflexiones metacientíficas asociadas a la dimensión CTSA y Cuestiones Sociocientíficas, en la enseñanza de las Ciencias Naturales	11
2.1.1.1 <i>La ciencia como un proceso social y la importancia del consenso.</i>	16
2.1.1.2 <i>Limitaciones de la Ciencia.</i>	17
2.1.1.3 <i>Valores en la ciencia.</i>	18
2.2 Uso de algunos conceptos en Ciencias Naturales como fundamento de posturas argumentadas en el aula de clases	20
2.2.1 Usos del petróleo y sus derivados	21
2.2.2 Breve recorrido histórico sobre el <i>fracking</i>	23
2.2.3 Sobre el <i>fracking</i> en Colombia y sus potencialidades para el aprendizaje de conceptos científicos.	27
2.3 Formación Sociopolítica para la ciudadanía responsable como reto para la educación en Ciencias	32
2.4 Algunas consideraciones sobre procesos dialógicos: el debate crítico en la construcción de conocimiento	39
3. METODOLOGÍA	42
3.1 Método de investigación cualitativa: Estudio de Caso	45
3.1.1 Estudio de Caso Instrumental.	46
3.2 Acerca del caso y el contexto	46
3.3 Accesos y permisos:	46
3.5 Diseño y orientación de la propuesta pedagógica:	49
3.6 Instrumentos de registro	49

3.7 Estrategia de Análisis.....	50
3.8 Análisis de contenido	52
3.9 Propuesta Pedagógica y Registro de información.....	53
3.10 Criterios para categorizar las unidades de análisis:	55
3.11. Categorías de análisis.....	55
3.11.1 Construcción de reflexiones metacientíficas; reconocimiento de diversos intereses políticos, económicos, éticos, y ambientales, en las prácticas científicas, para promover acciones sociopolíticas.....	58
3.11.2 Uso de conceptos y explicaciones científicas; una forma de cimentar posturas y argumentos en discusiones sobre el <i>fracking</i> para propiciar decisiones informadas.....	58
3.11.3 Reflexiones sobre el consenso, disenso y la toma de decisiones informadas para la participación democrática.....	59
4. Hallazgos y Discusión.....	60
4.1 Construcción de reflexiones metacientíficas; reconocimiento de diversos intereses en las prácticas científicas para promover acciones sociopolíticas	60
4.2 Uso de conceptos y explicaciones científicas; una forma de cimentar posturas y argumentos para propiciar decisiones informadas.....	70
4.3 Reflexiones sobre el consenso, disenso y la toma de decisiones informadas para la participación democrática.....	79
5. Consideraciones finales. Algunas potencialidades de la propuesta y perspectivas de trabajo	88
6. Implicaciones didácticas.....	93
7. REFERENCIAS.....	96
ANEXOS	104

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Algunos procesos abordables desde los derechos básicos de aprendizaje. .	28
Tabla 2. Descripción niveles de sofisticación:	34
Tabla 3 Dimensiones hacia una ciudadanía autentica.	35
Tabla 4 Sistema de codificación para unidades de análisis.	51
Tabla 5 Esquema general de la propuesta pedagógica	53
Tabla 6 Criterios para categorizar las unidades de análisis	55

LISTA DE FIGURAS

Figura I. Esquema Sesiones, actividades y registros de información de la Propuesta Pedagógica	49
Figura II. Esquema general trazabilidad de las categorías	56

RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo contribuir a la enseñanza de las ciencias naturales, considerando una visión particular de la educación científica; lo que implica adoptar un enfoque sociohistórico, crítico y sociocultural de la ciencia, a través de una serie de actividades basadas en cuestiones socio-científicas planteadas en el aula, estudiadas desde diferentes áreas: impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad e intereses después de la ciencia, ambos destinados a promover el desarrollo de habilidades argumentativas y la preparación para la acción sociopolítica. Esto permite analizar la forma en que los estudiantes pueden llevar a cabo reflexiones metacientíficas, participar democráticamente y reconocerse como ciudadanos responsables e informados para la acción.

Se presenta una propuesta pedagógica centrada en las discusiones sobre fracking como una controversia socio-científica. A nivel de investigación, se propone un paradigma cualitativo y un estudio de caso instrumental como método. Entre las conclusiones encontradas, fue posible encontrar el alcance de algunas contribuciones a la formación científica a partir de la percepción de múltiples intereses que subyacen en la ciencia, a través del desarrollo de reflexiones metacientíficas por parte de algunos estudiantes, además de la posibilidad de promover debates diversos, apoyado por fuentes de información. En este proceso, los estudiantes pudieron comprender la situación actual con respecto al fracking en Colombia, lo que puede implicar haber alcanzado ciudadanía informada. En relación con las acciones sociopolíticas, se promovió el reconocimiento de los estudiantes como ciudadanos, así como la reflexión sobre su papel en la democracia, contribuyendo así al compromiso de proteger su medio ambiente.

Palabras clave:

Cuestiones Sociocientíficas, Reflexiones Metacientíficas, Acción Sociopolítica, *fracking*, Educación en Ciencias Naturales

ABSTRACT

This research work aims to contribute to the teaching of natural sciences, considering a particular vision of scientific education; which implies adopting a sociohistorical, critical and sociocultural approach to science, through a series of activities based on socio-scientific issues raised in the classroom, studied from different areas: impact of science and technology on society and interests after science, both aimed at promoting the development of argumentative skills and preparing for sociopolitical action. This allows analyzing the way in which students can carry out meta-scientific reflections, democratically participate and recognize themselves as responsible and informed citizens for action.

A pedagogical proposal focused on the discussions on fracking as a socio-scientific controversy is presented. At the research level, a qualitative paradigm and an instrumental case study are proposed as a method. Among the conclusions found, it was possible to find the scope of some contributions to scientific training from the perception of multiple interests that underlie science, through the development of meta-scientific reflections by some students, in addition to the possibility of promoting arguing various debates supported by information sources. In this process, the students were able to understand the current situation regarding fracking in Colombia, which may imply having reached informed citizenships. In relation to socio-political actions, the recognition of students as citizens was promoted, as well as reflection on their role in democracy, thus contributing to the commitment to protect their environment.

Keywords: Socio-scientific Issues, Meta-scientific Reflections, Sociopolitical

Action, *Fracking*, Natural Science Education

ABSTRATO

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo contribuir para o ensino de ciências naturais, considerando uma visão particular da educação científica; que implica a adoção de uma abordagem sócio-histórica, crítica e sociocultural da ciência, através de uma série de atividades baseadas em questões sócio-científicas colocadas em sala de aula, estudadas em diferentes áreas: impacto da ciência e da tecnologia na sociedade e nos interesses depois da ciência, ambas visam promover o desenvolvimento de habilidades argumentativas e a preparação para a ação sociopolítica. Isso permite analisar a maneira pela qual os alunos podem realizar reflexões metacientíficas, participar democraticamente e se reconhecer como cidadãos responsáveis e informados pela ação.

É apresentada uma proposta pedagógica focada nas discussões sobre fracking como controvérsia sócio-científica. No nível da pesquisa, um paradigma qualitativo e um estudo de caso instrumental são propostos como método. Entre as conclusões encontradas, foi possível encontrar o escopo de algumas contribuições para a formação científica a partir da percepção de múltiplos interesses subjacentes à ciência, através do desenvolvimento de reflexões metacientíficas por alguns estudantes, além da possibilidade de promover vários debates. suportado por fontes de informação. Nesse processo, os alunos foram capazes de entender a situação atual do fraturamento na Colômbia, o que pode implicar ter alcançado cidadania informada. Em relação às ações sócio-políticas, foi promovido o reconhecimento dos estudantes como cidadãos, bem como a reflexão sobre seu papel na democracia, contribuindo para o compromisso de proteger o meio ambiente.

Palavras-chave: Questões sócio-científicas, reflexões metacientíficas, sociopolíticas Ação, Fracking, Educação em ciências naturais

1. INTRODUCCIÓN

Pensar en el futuro de la educación implica comprender las dinámicas que ponen a la escuela en el centro del acto educativo, entendiendo que, es a ella a quien en mayor grado se exige la formación de los futuros ciudadanos, y por ende podría decirse, la función fundamental de dirigir el timón de la humanidad. Desde esta perspectiva la situación se complica, al analizar la manera como se llevan al aula de clase ciertos temas y contenidos, los cuales giran en torno a intereses económicos e instrumentales, dirigidos a capacitar una nueva fuerza laboral, en lo que puede denominarse como un dispositivo socio técnico, así este discurso de supervivencia deja atrás la formación en aptitudes importantes para la democracia, como el pensamiento crítico y la formación política, tenidas entonces como simples distractores en el currículo (Hodson, 2003, Aranguren, 2004, Nussbaum, 2010, Gómez, Freire, y Shor, 2014). Este direccionamiento se torna contraproducente si se entiende que la humanidad se enfrenta a grandes problemas ambientales y que el origen de este desequilibrio es antrópico.

Desde la teoría del sistema mundo al que Colombia pertenece, modelo por demás creado por países de centro, es característico que en algunos estados-nación pertenecientes a la periferia se lleven a cabo prácticas relacionadas con la Ciencia para realizar explotación de los recursos naturales (Wallerstein, 2010). En Colombia, por ejemplo, ya se cuenta con un historial bastante amplio en términos de explotación de minerales y los efectos negativos a nivel ambiental que esto conlleva. En particular, la explotación minera del Oro ha convertido al departamento de Antioquia en uno de los lugares más contaminados por Mercurio del planeta (Veiga 2010). Si bien ya se han tomado medidas como la prohibición de la utilización de dicho metal pesado, el país se enfrenta a un nuevo dilema, el de la implementación del *fracking* o fractura hidráulica como técnica para la extracción de gas y petróleo, y que curiosamente, ha sido prohibida en algunos países “desarrollados” (Bachetta, 2013).

En el contexto presentado anteriormente, es necesario que los ciudadanos colombianos comiencen a comunicarse y debatir sobre la viabilidad y pertinencia de la implementación de dicha práctica en el país. Una posibilidad para abordarlo se da desde el ámbito educativo, buscando promover en los educandos, posturas responsables y acciones informadas. Otra

posibilidad es que los educandos lleven el debate a sus hogares, tornándose así como un asunto colectivo, dado las cada vez más comunes problemáticas ambientales y sociales derivadas de los desarrollos científicos y tecnológicos

Para lograr lo anterior, se tienen en cuenta los aportes del enfoque Ciencia, Tecnología Sociedad y Ambiente – CTSA– y del abordaje de las Cuestiones Sociocientífica – CSC – procurando así promover el desarrollo de la formación científica y acciones sociopolíticas a partir del desarrollo del criterio mediante la toma de posturas responsables. Entendiendo el criterio como aquella la capacidad de juzgar y discernir con profundidad y veracidad los acontecimientos para obrar coherentemente.

Al hablar de estudiar la Ciencia, la Tecnología y sus consecuencias sociales y ambientales, se hace referencia al doble papel que juegan estas, tanto en el origen de múltiples problemas ambientales, como de su responsabilidad en la búsqueda de soluciones para dicha problemática. Al respecto, Arango (2013) plantea que el abordaje desde –CSC– permite la posibilidad de argumentar, debatir, buscar información puntual y analizarla, lo que facilita a su vez que los educandos comprendan y asimilen saberes y pongan en juego sus propios conocimientos, relacionando así desarrollos científicos y tecnológicos con aspectos sociopolíticos, éticos, y ambientales.

Por otra parte, dichas relaciones según Romero y Aguilar (citados por Amelines, et al, 2017) permiten a los educandos “familiarizarse con las tradiciones de la cultura científica, es decir, con los diferentes contenidos, modelos explicativos, discursos y dinámicas de estas disciplinas, a la vez que se promueve la constitución de una mirada crítica frente a ellas” (p14). Esta perspectiva permite articular la naturaleza y estructura de las narraciones científicas con la dotación de significados y sentidos incluyendo a la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias como ramas del saber necesarias para protagonizar cambios en la esfera social. Este tipo de correspondencias serán nombradas en este trabajo como reflexiones metacientíficas.

Surge entonces la necesidad de especificar ¿desde qué concepción se aborda los términos de formación científica y formación ciudadana, y como están relacionadas?

Desde la formación científica, la alfabetización científica permite establecer una clara correspondencia con el componente ciudadano:

Si la ciencia escolar se considera relevante para formar ciudadanos capaces de tomar decisiones en asuntos públicos relacionados con la ciencia y la tecnología [...], la principal finalidad educativa de la enseñanza de las ciencias será la de contribuir a una formación ciudadana y científica. En tal caso, habrá que planificar explícitamente la enseñanza y dedicar un tiempo suficiente a preparar a los educandos para ello. Como es lógico, esta decisión curricular no es trivial, pues, además de algunos contenidos más comunes y ortodoxos, conlleva a la introducción de otros destinados a mejorar la comprensión del funcionamiento de la ciencia y la tecnociencia contemporánea, tales como los relacionados con la naturaleza de la ciencia – la tecnología– y los asuntos sociales propios de las decisiones que toman los científicos, etc (Acevedo, 2004).

Las bases de la formación científica que se dan en el presente trabajo de investigación acogen algunas fundamentaciones epistemológicas a partir del giro sociológico de las ciencias, y se cimienta en contribuciones de diversos autores (Fleck, 1986; Kuhn, 1962; Latour, 1983, Elkana 1986 y Toulmin, 2003) los cuales, desde una perspectiva sociocultural de las ciencias, reconocen el carácter colectivo de la investigación científica, la ciencia como una actividad social y por tanto a la construcción social del conocimiento (Botero y Jurado, 2015).

Para este estudio se tiene en cuenta el paradigma de investigación cualitativa, cuyo método elegido es el tipo Estudio de Caso, orientado a la mejora de la praxis educativa. La estrategia para analizar la información es el análisis de contenido, dado que concuerda con la perspectiva científica abordada, por su carácter abierto y democrático.

Para motivar la participación de los educandos, se diseñó una propuesta pedagógica centrada en discusiones sobre el *fracking* en Colombia. Dicha propuesta contiene una serie de actividades que privilegian las discusiones y debates sobre esta controversia. La información será registrada de forma escrita, en audio y video, para su posterior análisis a la luz de las respectivas categorías.

1.1. Planteamiento del Problema

Es común encontrar al evaluar el desempeño y la efectividad de las clases de ciencias naturales, al final del año escolar en nuestros contextos educativos, una serie de dificultades que se presentan al intentar desarrollar competencias claves como el pensamiento científico crítico en los educandos. Estas dificultades son causadas desde la educación tradicional, por limitarse a la transmisión memorística de conceptos, por ser ahistórica, promover visiones sesgadas de la actividad científica, ignorar los valores científicos y su relación con intereses políticos y económicos, y el no tener en cuenta los aspectos contextuales en la construcción de afirmaciones científicas (Kolstø, 2001).

En este trabajo de investigación se asume la contradicción que surge sobre la educación como fenómeno social, y sus diversas implicaciones por la instauración de variados intereses en el sujeto, al ser la misma educación la que posibilite procesos de emancipación o enajenación

Esta consigna se hace explícita mediante la concepción de la educación como ente social, la cual para Durkheim (1922) es. «El medio a través del cual prepara en lo más recóndito de los niños las condiciones esenciales de su propia existencia” (p.4). es así como los docentes, suelen focalizar el problema, sin asumirlo, en un presunto interés originado desde el educado, sin comprender verdaderamente la imposición del medio social subyacente desde una escuela tradicional instrumentalizada.

En síntesis, el presente problema de investigación se centra en la necesidad de superar una enseñanza de las ciencias limitada al aprendizaje de conceptos, al plantear para los educandos, otras formas de educar desde las ciencias y para la ciudadanía. Surge así la siguiente pregunta de investigación. ¿Cómo contribuye una propuesta pedagógica centrada en discusiones sobre la práctica del *fracking* en Colombia para promover una formación científica y acciones sociopolíticas en los educandos?

1.2. Objetivos

En relación con la anterior pregunta se plantean los siguientes objetivos de investigación:

1.2.1 Objetivo General

Analizar las contribuciones de una propuesta pedagógica, centrada en discusiones sobre la práctica del *fracking* en Colombia, para promover una formación científica y acciones sociopolíticas en los educando.

1.2.2 Objetivos Específicos

Identificar en los enunciados de los educandos, reflexiones metacientíficas relacionadas con el uso de conceptos y explicaciones científicas, para reconocer valores e intereses en los desarrollos científicos y tecnológicos.

Relacionar en los enunciados de los educandos, reflexiones en torno a la construcción social de conocimiento y su participación en procesos democráticos de toma de decisiones.

Estimar la pertinencia de las actividades diseñadas para la propuesta pedagógica en relación con la formación sociopolítica en las clases de Ciencias naturales

2. MARCO TEÓRICO

“La Ciencia pone de manifiesto que es un proceso construido socialmente, que tiene limitaciones, que comparte aspectos de cooperación con otros de competencia y que a veces está influida por intereses particulares”
(Jiménez-Aleixandre, 2010 p.121).

En relación con los referentes teóricos de este trabajo de investigación, se privilegia la perspectiva sociocultural de la Ciencia, es decir, se acogen las ideas y contribuciones de autores que promueven la Ciencia como una actividad humana; en tanto es una construcción social, plural, dinámica y en continuo devenir (Henaó & Stipcich, 2008). Para lograr esto se han seleccionado 3 categorías teóricas con la intención de dar sustento a este marco referencial, la primera de ellas habla sobre los intereses en las prácticas científicas para promover acciones sociopolíticas, la segunda a su vez se ha titulado, uso de algunos conceptos en ciencias naturales como fundamento de posturas argumentadas en el aula de clases, por último, se propone la formación sociopolítica para la ciudadanía responsable como un reto para la educación en Ciencias.

Esta visión sociocultural de Ciencia busca favorecer una formación sociopolítica que permita a los educandos ejercer la ciudadanía de forma responsable, bajo tres aspectos fundamentales: En primer lugar, incentivar una visión científica crítica, que les permita reconocer intereses particulares y posibles riesgos para la salud y el ambiente detrás de los desarrollos tecnocientíficos; lo que implica incentivar reflexiones metacientíficas y acciones responsables en las clases de ciencias (Kolstø, 2001; Acevedo, 2008; Arango, Henaó, y Romero, 2012; Romero, et, al, 2013; Hodson, 2003, 2004, 2013).

En segunda instancia, se busca promover la apropiación y uso de conceptos científicos para cimentar posturas argumentadas y toma de decisiones informadas respecto a preocupaciones del contexto y la época actual. Por último, se prioriza la participación en procesos sociales de construcción de conocimiento desde las Ciencia, en la búsqueda de

consenso y disenso que implican aspectos de orden epistémicos, dialógicos y democráticos relacionados con el carácter controversial de una cuestión sociocientífica como lo es el *fracking* en Colombia.

2.1. Acciones sociopolíticas desde los intereses tras las prácticas científicas (Reflexiones metacientíficas)

*¿Sería juicioso regalar una pistola a un bebé?, [...]:
Imaginemos que, después de apretar el gatillo de una pistola,
pasan décadas antes de que la víctima o el asaltante
reconozca que alguien ha sido alcanzado; en ese caso aún
resultaría más difícil comprender los peligros de las armas.
La analogía es imperfecta, pero algo semejante pasa con las
repercusiones ambientales globales de la moderna tecnología industrial.*

Carl Sagan

Para el presente trabajo de investigación es crucial el permitir a los educandos poder generar reflexiones sobre la ciencia, puntualmente, al problematizar sus usos y posibles consecuencias en relación con los intereses políticos, económicos, culturales, sociales entre otros. Proceso que es necesario fomentar en estos, pues les permite leer de otras formas sus contextos inmediatos o comunitarios, estimulando así, su imaginación y conciencia.

Al respecto, Matthews (1994) comenta que, una de las falencias de la manera tradicional de la enseñanza de las ciencias está en los excesos de contenidos curriculares hinchados y desnutridos. Los jóvenes sometidos a este tipo de currículo, donde son bombardeados con cientos de temas tratados de forma superflua, producen pensamientos débiles que pueden llegar a confundir por su complejidad. En contraposición este autor en el mismo texto comenta sobre la pertinencia de incluir la Historia, Filosofía y Sociología de las Ciencias, dado que estas permiten acercarse a los intereses de los educandos, las clases que incluyan este tipo de componentes estimulan la reflexión y el pensamiento crítico, pueden aumentar la comprensión y eluden el sinsentido de la repetición.

Un aspecto que debe tenerse en cuenta antes de ahondar en lo que se comprende en este trabajo como reflexiones metacientíficas, es su utilidad para superar la percepción de la ciencia como una disciplina exacta y objetiva, la cual se crea de forma individual y exclusiva por científicos en laboratorios aislados y herméticos, alejada y poco coherente con la realidad social, cultural, política y espacio - temporal. Por el contrario, uno de los desafíos principales planteado en este trabajo es precisamente buscar que los educandos reflexionen sobre una perspectiva de ciencia como actividad social, con limitaciones, en la cual intervienen valores y decisiones, que determinan sus procesos de construcción y divulgación, que permita la comprensión y sostenibilidad mínima de su entorno próximo.

Cuando se hace alusión a las reflexiones metacientíficas es necesario entender su génesis desde el término Naturaleza de las ciencias. Acevedo citado por Romero et al, (2013) afirma:

Se hace alusión en términos generales a un metaconocimiento sobre la ciencia surgido desde reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la Historia la Filosofía y la Sociología de las ciencias que, en un sentido amplio aborda cuestiones relacionadas con: ¿Qué es la ciencia? ¿Cómo se relaciona con otras actividades humanas? ¿Cómo se construye, valida y difunde el conocimiento que produce? [...]. (p.72)

Así mismo, para comprender mejor esta definición es pertinente traer a uno de los principales precursores de la idea de visibilizar la ciencia como una cuestión social. El filósofo, historiador e investigador de las ciencias Fleck (1986) para quien: “La ciencia no es un constructo formal, sino, esencialmente, una actividad llevada a cabo por comunidades de investigadores” (p.10). Para estas comunidades, la construcción de conocimiento implica entre otras cosas, procesos de discusión, debate, disenso y consenso además de reflexiones críticas y propositivas respecto a explicaciones, métodos, representaciones y distintas formas de comprender el mundo físico; entendido en el contexto de este trabajo, en el sentido más amplio posible de este término, todas estas, acciones propias del quehacer científico.

Estas comunidades investigadoras mencionadas por el autor citado, poseen características útiles para entender cómo se genera el conocimiento desde la Ciencia, uno de estos rasgos es nombrado por Fleck (1986) como “colectivos de pensamiento”, hace referencia a las múltiples formas como se construye la ciencia, concepto relevante para entender el paradigma científico, toda vez que puede ejercer como parte del andamiaje para acercar a los

educandos, a una de las maneras como se hace la ciencia, enfoque necesario si se entiende que una de las aspiraciones de esta investigación es precisamente presentar una ciencia humana inacabada, fuertemente dependiente de factores sociales y por ende, en continuo desarrollo.

Para entender esta mirada de ciencia se hace necesario comprender uno de los aspectos sobre la génesis del conocimiento científico. Kuhn (1962) retomaría indirectamente, en su obra máxima “La Estructura de las Revoluciones Científicas” las ideas de Fleck, que habían pasado desapercibidas por las complicadas condiciones del entorno en que fueron formuladas -Segunda Guerra Mundial y su ascendencia judía-, en la que se pone de manifiesto la importancia de tener en cuenta en los procesos de desarrollo y construcción de conocimiento científico, los aspectos internos y externos de la ciencia. Los primeros, hacen referencia a la estructura dinámica que surge y se desarrolla dentro de un contexto histórico-social, que contribuye a la génesis y la validación de los conocimientos, dependientes de valores de una comunidad científica y la segunda por su parte, relacionada con los factores externos, es decir, con la influencia de los ámbitos sociales y políticos en la construcción de conocimiento científico.

Con respecto a los factores externos, Fleck (1986) asegura que en algunas ocasiones pueden ser tanto o más importantes que los esfuerzos individuales, dado que resultan determinantes para su posterior divulgación y aceptación. Este mismo marco puede ayudar a entender cómo el propio Fleck y su importante discusión epistemológica fue afectada y desconocida a nivel histórico, por los aspectos externos que él mismo postuló.

Respecto a la perspectiva exotérica planteada anteriormente, Elkana (1983) por medio de una mirada diferente, esta vez desde los sistemas culturales, permite trascender los conceptos de factores externos e internos de las ciencias, sin dejar de explicar la dinámica de los colectivos de pensamiento citados con anterioridad. Dado que se percibe que al igual que otros sistemas, la ciencia privilegia diferentes fuentes de información y que, al ser construida socialmente, está constituida y no solo influenciada por esta multiplicidad de factores internos y externos, desapareciendo así este límite representativo de la mirada sociológica tradicional de las ciencias por una mirada integradora. Para comprender esta, es preciso entender la idea de la ciencia como una construcción social, la cual es susceptible de ser, en palabras de Elkana (1983)

“Cuestionada, discutida, afirmada, desarrollada, formalizada, [...] y puede variar extremadamente de una persona a otra” (p.3).

Las relaciones que se establecen entre diferentes sistemas culturales deben someterse a una reinterpretación que posibilite evidenciar la cultura y la ciencia como construcción social, por lo que se hace necesario realizar esmerados esfuerzos desde la labor pedagógica para evidenciar categorías comunes entre diversas disciplinas, en concreto son los maestros los llamados a establecer en esta propuesta, el puente entre la ciencia y la civilidad como sistemas culturales.

En concordancia con la anterior mirada, la perspectiva que plantea Latour (1983), implica que la ciencia como constructo social, pasa a remodelar la sociedad, destacando su carácter persuasivo al crear necesidades incluso a veces inexistentes, sin que sea posible en muchas ocasiones, lograr detectar los intereses que estas suplen. La ciencia entonces no solo es transformada por la sociedad, sino que es la ciencia misma quien la transforma, hacia lo que ella quiere que sean y necesiten los ciudadanos.

Es de interés ahora, profundizar en el constructo social de la ciencia, esta vez desde la perspectiva de Steve Shapin, el cual resalta la creación de fenómenos y hechos científicos mediante un proceso cuidadoso de argumentación, y la validación de dichos acontecimientos mediante el consenso de opinión de un colectivo. A dichos procesos se les llamó tecnologías literarias, y fueron aplicadas al fenómeno de la bomba de vacío por Boyle, trabajado por Shapin (1991) el cual se divide en:

Una tecnología material, correspondiente a la creación y utilización de la bomba de aire; una tecnología literaria, por la cual los fenómenos producidos por la bomba fueron comunicados a aquellos que no habían sido testigos directos de estos fenómenos; y una tecnología social que establece las convenciones que los filósofos de la naturaleza debían emplear en sus reportes mutuos y para examinar las reivindicaciones de los conocimientos. (p.3)

Las anteriores tecnologías, permiten evidenciar la construcción y validación de un hecho científico. Con la incorporación del aspecto social, se da un cambio de perspectiva en relación con el campo científico, ante la imposición usual del pensamiento que percibía la fabricación de

hechos científicos separado de su validación, Shapin permite entender desde el estudio de la bomba circunstancial de Boyle, que estos dos aspectos se producen al mismo tiempo.

Al respecto, Latour (1992) va más allá de las tecnologías literarias, al proponer que la ciencia no está solo y únicamente direccionada a explicar y predecir cómo funciona la naturaleza, sino que también y cada vez en mayor medida, está llamada a persuadir socialmente, convirtiéndose en factor determinante para lograr objetivos sociales. Será función de la escuela hacer tangibles estos nexos y buscar los posibles conflictos que se esconden tras la utilización de la ciencia como sistema legitimador de “verdades”, esto podría posibilitar una democratización efectiva del conocimiento, prueba de lo relevante que puede resultar desarrollar una alfabetización científica crítica para la toma de decisiones informadas, uniendo conocimientos científicos con la formación ciudadana.

Se hace notorio que, algunos componentes facilitan el enfoque de la Historia la Filosofía y la Sociología de las Ciencias en defensa de la enseñanza contextualizada, en sintonía con la afirmación de Matthews (1994) el cual sugiere:

[...] La HFC (Historia y Filosofía de las Ciencias), en la enseñanza de las ciencias está defendiendo, de algún modo, una versión «contextualizada» de la enseñanza de las ciencias. Es decir, una enseñanza de las ciencias que enseñe ciencias en su contexto social, histórico, filosófico, ético y tecnológico. (p.3)

Es necesario entender que esta enseñanza debería ser sobre y en la ciencia. Así las cosas, se propone en este trabajo adoptar como una de las principales funciones sociales de la escuela, el uso de reflexiones metacientíficas acorde con la HFC como eje articulador entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

2.1.1 Reflexiones metacientíficas asociadas a la dimensión CTSA y Cuestiones Sociocientíficas, en la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Como se dijo anteriormente, analizar diversas dinámicas detrás de las prácticas científicas es de suma utilidad para la intención de esta investigación, pues la propuesta de enseñanza que aquí se presenta, pretende poner en evidencia los múltiples propósitos que

subyacen las decisiones políticas y que a su vez conllevan a un posible deterioro del ambiente en Colombia.

Resulta interesante encontrar concordancias entre autores como Latour (1983) desde la sociología de las ciencias con investigadores sobre la educación en ciencias como Kolstø (2001) y Hodson (2013), respecto a la importancia de promover en los estudiantes, reflexiones acerca de intereses a nivel económico y político, que involucran luchas de poder y distribución de las riquezas, además de intereses particulares los cuales muchas veces, predominan sobre intereses comunes como el ambiente y la soberanía alimentaria entre otros.

Quizá uno de los enfoques educativos en la enseñanza de la ciencias que puede aportar a que los ciudadanos asuman posturas críticas respecto a los usos de la ciencia es el de la -CTSA- Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, pues hoy en día, un mundo tan sofisticado requiere de ciudadanos responsables que tomen decisiones y ejerzan acciones responsables e informadas sobre cuestiones que afectan la sociedad. Ciudadanos capaces de reconocer de qué manera algunos intereses pueden influir sobre la toma de decisiones en los diversos usos del conocimiento científico.

Para entender el enfoque anterior es menester entender su origen. El enfoque CTS (Ciencia Tecnología y Sociedad) el cual según Membiela Iglesia, (1997) surge en “Norteamérica entre los años sesenta y setenta” (p.1). Como respuesta a las crisis ambientales de la época, dada la evidente necesidad de establecer límites al crecimiento del desarrollo científico y tecnológico, debido a los impactos generados a nivel socioambiental, su principal propósito en el ámbito educativo ha sido el de promover una alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos para que puedan participar en procesos democráticos de toma de decisiones y en la resolución de problemas relacionados con la Ciencia y la tecnología (Membiela Iglesia, 1997).

La alfabetización científica referida anteriormente, rebasa en su significado un nivel de la alfabetización en términos convencionales, (definida como el acto de enseñanza a quien no sabe leer o escribir), correspondiente a una perspectiva amplia, la cual sin implicar experticia, exige un nivel básico de conocimientos científicos que permitan la participación en temas de

suma importancia como la crisis ambiental planetaria, en los cuales es necesario obrar desde el principio de precaución (Gil y Vilches, 2004).

Posteriormente, Aikenhead (2005) propone el enfoque CTSA, para poner de relieve que, a medida que el ámbito educativo asume cada vez más la responsabilidad a nivel de promoción de la acción ciudadana desde las aulas, se hace necesario estudiar la Ciencia y la Tecnología con especial énfasis sus consecuencias ambientales, debido al doble papel que juegan éstas en el origen y la solución de múltiples problemáticas del ambiente como sistema. Una de estas está relacionada con la explotación de los recursos naturales, más específicamente el de hidrocarburos y combustibles fósiles.

Este trabajo de investigación comparte el llamado de Hodson, el cual invita a ir más allá del enfoque -CTSA-, pues para éste, no es suficiente que los educandos reconozcan los problemas de los usos de la Ciencia, se deben promover en ellos el accionar sociopolítico. (Parra y Díaz 2010). Será a través de las reflexiones metacientíficas como ejes articuladores entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, que se dé la posibilidad de valorar la ciencia como sistema cultural, permitiendo así analizar y tomar decisiones informadas, sobre diversas cuestiones Sociocientíficas de interés (Romero et al 2013).

En relación con las contribuciones de los autores presentados anteriormente y la importancia de tener en cuenta las reflexiones metacientíficas en la comprensión de la Ciencia, a continuación, se presentan las Cuestiones Sociocientíficas como una alternativa para problematizar los usos de la Ciencia en los procesos de hacer Ciencia, aprender Ciencia y aprender sobre la Ciencia descritos a continuación Hodson, (2004) describe: “Hacer Ciencia: Construir conocimiento científico, argumentar sobre la Ciencia. Aprender Ciencia: Apropiar saberes y conocimientos científicos. Aprender sobre la Ciencia: Comprender la naturaleza del conocimiento científico” (p.1).

Según Arango (2013) Hacer ciencia, aprender ciencia y aprender sobre la ciencia, son aspectos claves en el estudio de las Cuestiones Sociocientíficas, porque dichos asuntos están relacionados con la posibilidad de argumentar, debatir, discutir; buscar información y analizarla. Así mismo, permite que los educandos comprendan conceptos y saberes o pongan en juego los

conocimientos y modelos explicativos que poseen, y establezcan las relaciones de los desarrollos tecnocientíficos con aspectos sociales, políticos, éticos y ambientales,

Traer a las clases de ciencias naturales problemas Sociocientíficos, permite debatir desde múltiples perspectivas y plantear alternativas de solución fundamentadas en el razonamiento de los educandos.

Estos problemas plantean dilemas sociales asociados a conceptos, procedimientos o tecnologías científicas en donde el estudiante deberá valorar causas, consecuencias, ventajas y desventajas, pros y contras de la posición que asumirá”. Provee un marco con varios tópicos de “contenidos trascendentes” [...] para examinar la dimensión científica del papel de los asuntos Sociocientíficos en la educación en ciencias. Kolstø (citado por Zenteno-Mendoza & Garritz, 2010, p.2)

Según Zeidler, Sadler, Simmons & Howes (2005), las Cuestiones Sociocientíficas, son dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas; es decir, son una serie de asuntos polémicos, que si bien son tratados mediante debates por los agentes sociales - partidos políticos, colectivos de ciudadanos, medios de comunicación, organizaciones, comunidad científica, entre otros-, en su esencia están vinculados con la toma de decisiones surgidas por avances de la ciencia y la tecnología que requieren de la intervención de una ciudadanía informada. En otras palabras, se conciben dichas cuestiones como la posibilidad de una mirada crítica a las acciones, decisiones, instrumentos y productos, como consecuencia de avances científicos y tecnológicos que impactan directamente en la vida de las personas o en el ambiente y, que pueden ser llevadas a las clases de ciencias naturales para promover una formación científica.

Por lo general, dichas controversias involucran decisiones políticas - para el bien común - pero que, en múltiples ocasiones, benefician sólo a una parte de la sociedad - población, territorio, municipio -. Estas pueden hacer referencia a problemáticas locales, nacionales o globales, por lo anterior, se considera que el estudio de dichas cuestiones puede articularse con la educación ambiental en las clases de ciencias, y de esta forma promover una formación científica para la formación ciudadana en los educandos.

Es necesario también resaltar el papel articulador de las reflexiones metacientíficas para la comprensión de la ciencia como sistema cultural. La forma en que se privilegian ciertas fuentes de información es lo que realmente marca la diferencia entre diversos sistemas, (descartando diferencias de base entre un pensamiento científico y no científico). ejercicio que permita a los educandos, entender y sopesar el privilegio de las fuentes, como la principal diferencia entre un saber o sistema cultural y otro, es esencial entonces no confundir, al hablar del privilegio de las fuentes, las fuentes informativas con las fuentes de conocimiento, pues será según se escoja una de estas últimas, que se constituye la base jerarquizada de los sistemas culturales como por ejemplo la magia o la religión.

Esta diferenciación es relevante, cuando se quiere favorecer desde otras miradas de ciencia una percepción menos arrogante y mas rica en cuanto a las fuentes de conocimiento a que se acceden desde la cotidianidad, al procurar que sea la criticidad y el análisis de la información, sin importar su origen, y no una imagen reificada de ciencia, como ente supremo y poseedor de todas las verdades. la que rija este proceso reflexivo,

Con respecto a las CSC, y para comprender mejor la importancia que toman hoy en día en la educación, Ratcliffe y Grace (2003) Ratcliffe (2009); Jiménez Aleixandre (2010); Domènech y Márquez (2010) plantean algunas de sus características más importantes: Involucran valores y razonamientos éticos, son divulgadas por los medios de comunicación, son problemáticas controversiales con las que los educandos van a tratar a lo largo de su vida, reflejan la reflexiones alrededor de las ciencias y de los procedimientos científicos, y por último están vinculadas con conocimientos y conceptos científicos

Usar CSC como el fracking, sometidas a exámenes de viabilidad técnica por parte de estamentos oficiales, puede servir para tratar de comprender desde las clases de ciencias, cómo se realiza la movilización de consensos, lo que, desde una mirada social, permite a los propios educandos construir, consolidar y movilizar intereses que puedan beneficiar su comunidad. El desafío se traslada entonces a los espacios escolares de nuestro contexto actual, es necesario convertir éstos, en escenarios que busquen no sólo informarse frente a las dinámicas que subyacen a la actividad científica, sino también alcanzar posturas críticas y responsables, a la luz de las problemáticas sociales, en las que la ciencia pueda contribuir con su solución.

En relación con la construcción de dichas posturas, Toulmin (1977) considera que la calidad del proceso de enseñanza tiene que ver, no tanto con la exactitud en el dominio de conceptos específicos, como con actitudes críticas que les permiten a los educandos juzgar aún incluso los conceptos y explicaciones expuestas por sus maestros. Desde esta mirada, a la educación en ciencias le es inherente la formación para la crítica (Henaó y Stipcich, 2008).

Los conceptos desarrollados anteriormente, fortalecen la importancia de incluir en la enseñanza de las ciencias naturales, además de los espacios de teorización y experimentación, reflexiones metacientíficas, esto es: La Ciencia en relación con aspectos sociales, políticos, éticos, entre otros; perspectivas sociales de la Ciencia donde se privilegien los procesos dialógicos y dialécticos que unidos a los anteriores aporten a la formación científica (Romero et al, 2013).

Uno de los autores que más ha analizado los aportes a la apropiación de concepto científicos y la promoción de reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia en el abordaje de CSC es Kolstø (2001). Respecto a lo anterior, este autor propone una serie de categorías relacionadas con dichas potencialidades, de las cuales se retoman algunas: La ciencia como proceso social y la importancia del consenso, limitaciones de la ciencia, valores en la ciencia y actitud crítica, los cuales se presentan a continuación.

2.1.1.1 La ciencia como un proceso social y la importancia del consenso.

La ciencia llega a los educandos en el aula de clases tradicional por medio de los libros de texto, portadores estos de un tipo de ciencia preparada y acabada, es necesario, en contraposición, el abordaje de CSC donde se presente una ciencia en proceso. Latour (1992) sugiere trabajar la ciencia de vanguardia, la cual se destaca por ser discutible e inacabada. Kolstø (2001) al respecto comenta:

El experimentar que los científicos muchas veces no están de acuerdo en cuestiones particulares puede provocar en los educandos la necesidad de entender que a veces se toman decisiones sin conocimiento científico concluyente, al hablar de Ciencia como resultado de un proceso, se brinda la oportunidad de una imagen enriquecida y adecuada de la Ciencia como institución, esto contrasta con la presentación de conocimiento

científico como resultado de trabajos individuales de científicos brillantes como Darwin o Einstein. (p.6)

La comprensión de este concepto dinámico de ciencia y el papel del consenso contribuye a satisfacer una parte de la necesidad identificada por Osborne y Patterson (2011): “capacitar a la juventud para que actúe y que entienda no solo “lo que sabemos, sino cómo lo sabemos”. (p.10) Los educandos pueden saber que la ciencia está en constante construcción y que es un proceso dinámico en el que hay acuerdos y desacuerdos y requiere del debate entre científicos en el que se argumentan las ideas.

2.1.1.2 Limitaciones de la Ciencia.

Los educandos pueden interpretar las afirmaciones usadas en los debates, permitiendo que se diferencien, declaraciones descriptivas de normativas, pues es diferente un “es”, de un “debería ser”. Aunque no siempre se puedan encontrar evidencias basadas en hechos, es recomendable que los educandos puedan juzgar cuándo pedir evidencias, o busquen valores que no sean evidentes. Saber las normas del juego puede permitir en ocasiones, desempeñarse bajo las mismas condiciones que los científicos, cuando sus afirmaciones no se basen en aspectos con soporte científico.

Los educandos pueden entender que en ocasiones algunos modelos explicativos de la ciencia pueden ser simplificados en comparación con la complejidad del mundo, ya sea porque algunas variables no son incluidas en los modelos, dando lugar a resultados engañosos o por que la aplicación de dichos modelos requiere de contextos con características semejantes que en ocasiones no se den, es decir, puede darse la manipulación del conocimiento científico.

Los educandos deben darse cuenta de que la neutralidad y objetividad son cualidades tanto valoradas como difíciles de obtener para la comunidad científica, la ciencia en contexto exige mayor neutralidad, objetividad y exigencia. Al respecto resulta importante descubrir cómo algunos enunciados particulares pueden servir a diversos demandantes Kolstø (2001).

Este tipo de posturas implica descubrir que no existe una mejor o única solución, y permite alejarse de visiones que sigan ubicando a las ciencias en un pedestal, por encima de otras formas de ver el mundo.

2.1.1.3 Valores en la ciencia.

Los educandos pueden reconocer que los valores son una parte intrínseca en la ciencia, que los científicos pueden estar constantemente expuestos a dilemas morales y éticos. ¿Qué se puede tomar como evidencia? Privilegiar ciertos tipos de evidencia, como por ejemplo la estadística al anteponerla por encima de aspectos anecdóticos (producto de las vivencias populares) es un ejemplo que puede ayudar a entender este criterio como uno de los valores constitutivos de la ciencia, dado que cada vez esta fuente de información pública hace parte importante en la toma de decisiones, diferenciarlas y posteriormente incluirlas ayuda al reconocimiento y acercamiento de la ciudadanía a la ciencia, y permite combatir la arrogancia con la cual se ha asociado las formas de actuar de la misma con respecto a la evidencia (Aikenhead, 1985).

Un primer valor está relacionado con la suspensión de creencias, la cual trata sobre una especie de convenio de la comunidad científica, que describe la prudencia que implica el esperar la acumulación de suficientes evidencias para actuar o aseverar un hecho científico. Al contrario de esta, la “suspensión de incredulidad” ocurre cuando los científicos bajo consenso sobre las evidencias acumuladas las publican, validan y concluyen. Cabe considerar que ambas prácticas pierden validez cuando entra en juego el protagonismo de la Ciencia preparada. El conocimiento de la “suspensión de creencias” y la diferencia entre Ciencia pública y Ciencia privada son importantes herramientas para valorar el caudal de información disponible (Kolstø, 2001).

Respecto al término de Ciencia preparada, es de vital importancia entender en qué contexto y con qué intención se trae este controversial termino a colación. Según Latour (1992) y Bateson (1997), se puede comparar esta Ciencia terminada con una caja negra, de la cual desconocemos su contenido y funcionamiento, y con la cual resulta fácil asumir el conocimiento que ella cimienta como algo verdadero y sobre todo definitivo.

La invitación con respecto a este tipo de funcionamiento práctico de la Ciencia y la tecnología es a abrir la caja, sea por medio de la historicidad de las controversias que le dieron origen o accediendo a la Ciencia en acción, entendida como aquella que aún está en discusión, con la intención de comprender cómo se llega al conocimiento científico no reificado y de esta forma saltar la brecha, paso que en muchas oportunidades puede permitir el accionar

sociopolítico desde las aulas al posibilitar la comprensión de este tipo de dinámicas que hacen Ciencia.

En conclusión, y en contraposición a la ciencia acabada se debe asumir la demanda de responsabilidades para que la enseñanza de las ciencias asuma una formación sociopolítica (Romero et al 2013). Toda vez que la clave de asumir esta responsabilidad no radique solo y únicamente en la inclusión en el currículo de los enfoques CTSA o CSC o inclusive la arriesgada adopción de la Historia, la Filosofía y la Sociología de las Ciencias, con el peligro de engrosar aún más de contenidos estas ya saturadas planeaciones, sino desde su uso intencionado y preparado para permitir en los educandos una mirada amplia y enriquecida del saber científico, entendimiento que les permita saberse ciudadanos, desde el poder y la responsabilidad que esto implica.

A continuación, se presentan aspectos conexos con uno de los tres procesos claves para la utilización de CSC en la enseñanza de las ciencias, mencionado anteriormente como aprender ciencia, ahora desde la fundamentación y argumentación científica la cual por su importancia ha sido asumida como compromiso y política educativa a nivel gubernamental avalada desde estamentos como el Ministerio de Educación Nacional (MEN)

2.2 Uso de algunos conceptos en Ciencias Naturales como fundamento de posturas argumentadas en el aula de clases

“Nuestra comarca del mundo, que hoy llamamos América Latina, (...) Continúa existiendo al servicio de las necesidades ajenas, como fuente y reserva del petróleo y el hierro, el cobre y la carne, las frutas y el café (...), con destino a los países ricos que ganan, consumiéndolos, mucho más de lo que América Latina gana produciéndolos”
(Galeano, 1974, p.4.)

El abordaje de las Cuestiones Sociocientíficas -CSC- en la clase de ciencias, puede permitir que los educandos desarrollen habilidades argumentativas mediante el uso apropiado de conceptos y saberes científicos, como sustento de dichos argumentos. Sin embargo, Arango (2013) considera que una de las principales dificultades de estas iniciativas, observadas en varias investigaciones, es que los educandos casi siempre soportan sus argumentos en otros conceptos, diferentes a los de ciencias naturales, lo que desdibuja el uso de términos disciplinares propios del lenguaje científico; por tanto, según el autor, este ejercicio académico sugiere y apunta a promover un equilibrio entre los aspectos sociales, el aprendizaje y el uso de conocimientos científicos en general que permitan potenciar y fomentar posturas argumentadas en el aula de clase, a la vez que dan cuenta de la apropiación de las ciencias de la naturaleza.

Respecto a la anterior consideración, cabe recalcar que, en el presente trabajo, se pretende fortalecer en los educandos el uso de conceptos y saberes científicos, en la búsqueda de un equilibrio que permita en las clases de ciencia tanto el hacer ciencia, como el aprender ciencia y sobre la ciencia, que posibilite promover una formación sociopolítica en la clase de ciencias (Hodson, 2003).

Consecuentemente, un aspecto para tener en cuenta es el propósito de abordar una cuestión Sociocientífica en las clases de ciencias. En este caso su función es convertirse en una estrategia que permita a los educandos, usar y apropiarse nuevos conocimientos científicos relacionados con disciplinas como la Química, Física y Biología, asociados a la técnica del

fracking, por medio del desarrollo de reflexiones metacientíficas en el marco de una formación sociopolítica.

En relación con lo anterior, autores como Ratcliffe y Grace (2003), Ratcliffe (2009); Jiménez Aleixandre (2010); Domènech y Márquez (2010), reconocen que las CSC pueden contribuir el uso y aprendizaje de conocimientos y conceptos científicos. Respecto a dichas consideraciones, Arango (2013) comenta que, es mediante modelos comunicativos con diferente enfoque (argumentar, debatir, discutir), además de capacidades complejas, como los educandos aprenden y ponen en juego sus conocimientos científicos y los modelos explicativos que poseen, estableciendo relaciones entre factores influyentes sobre la sociedad moderna como los desarrollos científicos y tecnológicos con aspectos: sociales, políticos, éticos y ambientales, propios del enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA).

A partir de las contribuciones de esta perspectiva para la presente investigación, se hizo una indagación exhaustiva acerca del *fracking*, dicho proceso tenía como intenciones, encontrar una serie importante de fuentes de información para los educandos participantes, identificar los conceptos propios de las ciencias naturales y sociales asociados a dicha práctica, estudiar un tema de interés actual a nivel local y global y entre otros aspectos usar una CSC que permita dinamizar las múltiples capacidades de los educandos; haciendo énfasis en que esta “cuestión” se usa como excusa para fortalecer los procesos argumentativos que permitan afianzar la apropiación conceptual, proceso que como tal se puede abordar desde otras problemáticas según el contexto. A continuación, con base en algunas investigaciones y noticias, se presenta una contextualización sobre el petróleo en general, así como el *fracking* en particular y la controversia en el caso colombiano.

2.2.1 Usos del petróleo y sus derivados.

Entre los derivados más comunes e importantes provenientes del petróleo se tiene el grupo de compuestos denominados plásticos y los combustibles, a continuación, se describe brevemente su uso, así como los principales problemas ambientales a que conllevan.

Plástico: con respecto a los polímeros de baja densidad, encuentran su uso más común como empaques, revestimiento de cables eléctricos y fabricación de tuberías, con respecto a los correspondientes polímeros de alta densidad, su amplia utilización se ubica a nivel industrial

para contener múltiples sustancias en diferentes estados, elaboración de medicamentos y en el sector de la construcción como reemplazo de algunos metales entre otros. (Perdomo, 2002).

A nivel de contaminación ambiental, los denominados plásticos son, de lejos, una de las problemáticas más serias que afronta la humanidad, entendiendo que incluso a nivel molecular, no existe forma de degradar estos compuestos, por lo cual representan un riesgo enorme por el desequilibrio ambiental que implica su acumulación (Perdomo, 2002).

Otro de los usos del petróleo es primordialmente el de los combustibles entre ellos el ACPM y la gasolina los cuales, posterior a la revolución industrial permitieron la industrialización y el transporte de materias primas, las consecuencias del uso de los combustibles a nivel de contaminación del aire son cada vez más documentadas e investigadas

Entre las consecuencias, se incluyen enfermedades respiratorias, incidencia cada vez mayor de enfermedades pulmonares y como principal problemática a nivel global el cambio climático (Romero y Olite 2006).

2.2.2 Breve recorrido histórico sobre el *fracking*.

Según Charry-Ocampo y Pérez (2017), esta técnica inicia a mediados de la década de los años 40 en Estados Unidos, cuando comenzaron las primeras alertas sobre el agotamiento de los recursos energéticos no renovables. Ante dicha crisis, se tomó la decisión de buscar alternativas no convencionales para su extracción.

Los hallazgos de las exploraciones generadas dieron como resultado el descubrimiento de yacimientos en roca sedimentada y fracturada, dando lugar posteriormente a la respectiva técnica de explotación denominada fracturación hidráulica o *fracking* para la extracción a escala industrial de gas y petróleo. Debido al crecimiento que ha tenido en los últimos años la implementación de este proceso, se ha generado una preocupación por una serie de consecuencias ambientales que se derivan de este proceso; lo que ha conllevado a la prohibición de esta técnica en ciertos países.

Es importante destacar, entre los países que apoyan y promueven el *fracking* se encuentran Canadá y Estados Unidos. Lo contrario sucede en países como Francia, Alemania, Reino Unido, España, Italia, solo por mencionar algunos. Esto se puede deber a los daños ambientales a que esta técnica posiblemente conlleva, entre los que se destacan: contaminación de acuíferos subterráneos y superficiales debido a la inyección de sustancias tóxicas, daño a las capas externas de la tierra, altos índices de utilización hídrica, explosiones durante el proceso de exploración, gases expulsados a la atmósfera; generalmente metano, pequeños terremotos, entre otros (Valdés, 2016).

Al revisar algunas generalidades sobre el *fracking* o fractura hidráulica, esta se define como una técnica que implica varias perforaciones, una vertical y varias horizontales en la roca sedimentada y que se puede extender por varios kilómetros alrededor del pozo en diversas direcciones (Valdés, 2016). A través de dichas perforaciones horizontales, se inyecta una mezcla de agua, arena y sustancias químicas tóxicas como benceno, tolueno, etilbenceno y xileno que elevan la presión del pozo y provocan la salida ya sea de gas natural o petróleo, es decir, el agua y los químicos reemplazan los hidrocarburos (Webb et al, 2014).

El uso del *fracking* como técnica para explotar gas y petróleo, la fractura hidráulica es una técnica no convencional, debido a las mayores dificultades que tiene para su implementación, en el caso del petróleo estático (nombre que recibe el petróleo extraído mediante *fracking*) o el gas shale, su composición, ubicación y extracción son diferentes al del petróleo convencional. El petróleo y el gas shale se ubican en formaciones ricas en rocas de origen sedimentario llamada esquisto, formada a partir de depósitos de lodo, cieno, arcilla y materia orgánica lo que le da la propiedad de ser impermeable, Centro Tyndall (citado por Valdés, 2016).

Es en esta “no convencionalidad” la que implica un gran esfuerzo para extraer, de rocas no permeables, el petróleo. ¿En qué consiste entonces el proceso de estimulación hidráulica y cuáles son las consecuencias que esto implica?

Sobre la fracturación hidráulica y sus posibles repercusiones en el ambiente, y profundizando un poco en torno a las propiedades y características que hacen necesaria una técnica especial para extraer el petróleo, es necesario entender que las formaciones geológicas donde se encuentran el petróleo y el gas de esquisto son formaciones impermeables, motivo por el cual se usa esta técnica no convencional para su extracción, creando fracturas artificiales por medio de la inyección de agua que, sometida a altas presiones, posibilita la fractura de la roca, ello permite.

(...) Acceder al mayor número de poros posible. Cuando se reduce la presión, el agua residual se mezcla con metales pesados o radiactivos procedentes del reflujo de la formación rocosa hacia la superficie, que incluye el gas. En el agua se mezclan agentes de sostén, generalmente granos de arena. Estos agentes sirven de lengüetas para mantener abiertas las grietas y permitir la extracción de una mayor cantidad de gas. Se añaden productos químicos a esta mezcla para lograr una distribución homogénea del agente de sostén y formar un gel, reducir la fricción y finalmente descomponer la estructura del gel al final del proceso de fracturación para el reflujo del fluido. (Lechtenböhmer et al, 2011, p.22)

A continuación, se presenta una descripción de las posibles consecuencias a las que conlleva la aplicación de esta técnica con respeto a las repercusiones en el paisaje. Colombia es un país con vocación agraria, no es despreciable entonces sopesar la enorme inversión que este tipo de explotaciones requieren para su ejecución, sobre todo si se tiene en cuenta la pérdida de la aptitud agrícola que esto supone, dada la posible contaminación del suelo y subsuelo por parte

del *fracking*. Según la literatura el área promedio de los pozos es de 10.000 m², lo que equivale a una hectárea por cada pozo, pero si tenemos en cuenta que, en la experiencia norteamericana, se han llegado a explotar hasta 8960 pozos en algunas regiones como Barnett Shale, Texas usando 13.000 km² puede hacerse una idea del total de área necesaria eso sin contar con otras infraestructuras y áreas necesarias para almacenaje (Plata, 2016).

Con respecto a las emisiones de contaminantes atmosféricos y contaminación del suelo:

Pueden tener su origen en las siguientes fuentes: ruido, particulados, dióxido de azufre: SO₂, óxido de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles no metánicos: COVNM y monóxido de carbono: CO. emisiones de productos químicos provocadas por la evaporación de las balsas de aguas residuales, emisiones provocadas por vertidos y explosión de pozos (dispersión de los fluidos de perforación o fracturación combinados con particulados procedentes del depósito). (Lechtenböhmer et al, 2011, p.25)

Acerca de los contaminantes atmosféricos y repercusiones en la salud humana existen casos que asocian múltiples enfermedades en humanos e incluso muerte de animales, en una localidad ubicada en la ciudad de Texas, este estudio realizado en agosto de 2009 por una agencia estadounidense confirma:

La presencia de altas concentraciones de compuestos carcinógenos y neurotoxinas en el aire ambiente y en las zonas residenciales». Y añadía: «... Muchos de estos compuestos, verificados en análisis de laboratorio, eran metabolitos de conocidos carcinógenos humanos y superaban los niveles eficaces de detección a corto y largo plazo contemplados en la normativa de la TECQ. [Comisión de Calidad Medioambiental de Texas]. (Enviromental, 2009, p.3)

Como no existen otras actividades industriales en la región de Dish, se cree que la extracción de gas natural en el interior y en los alrededores de la ciudad es la única fuente de estas repercusiones.

La contaminación del agua es la mayor preocupación en torno a los posibles efectos del *fracking* y redonda en torno a la contaminación de los humedales. Andrade (2011) los define como ecosistemas que en Colombia albergan gran diversidad de especies, y que desempeñan un papel vital para la conservación de la biodiversidad y los recursos hídricos.

Al respecto se presenta como referente un caso de vertimientos notificados, ocurrido en el condado de Garfield (Colorado) en el período comprendido entre enero de 2003 y marzo de

2008, lapso en el cual se registraron 1549 vertidos. Witter (citado por Serigot. 2015). Cabe anotar que en un 20 % de los vertidos se produjo contaminación de agua, además de señalar que la incidencia de los casos año tras año fue en aumento.

Productos químicos, radiactividad y repercusiones en la salud humana: Una de las preocupaciones más recurrentes (posiblemente no la más fundada), pero si motivo de preocupación por la alerta general que a nivel público suscita es la de la contaminación del agua por materiales radioactivos o metales pesados. Los asociados a las corrientes de crudo y gas natural son algunos de los hijos del ^{238}U y ^{232}Th , y se producen en los procesos de extracción de recursos convencionales como no convencionales, los residuos radiactivos de las perforaciones son una forma de TENORM (Technologically-Enhanced, Naturally-Occurring Radioactive Material). (Méndez, Contreras, & Robles, 2016, p.3)

Estos materiales radiactivos naturales, como el Uranio, Torio y Radio unidos a la roca son transportados a la superficie con el fluido de reflujos durante el proceso de fracturación hidráulica. “Los N.O.R.M. pueden moverse a través de las grietas en las rocas y llegar al suelo y a las aguas de superficie. Por lo general, los N.O.R.M. se acumulan en tuberías, depósitos y pozos” (Lechtenböhmer et al, 2011, p.25). Por lo que pueden generar serios problemas de salud, para los operarios que están en contacto con este tipo de instrumentos

2.2.3 Sobre el *fracking* en Colombia y sus potencialidades para el aprendizaje de conceptos científicos.

Es importante recordar que Colombia se ha caracterizado por poseer una cantidad importante de yacimientos de petróleo y gas natural, lo que motivó la fundación de la Empresa Colombiana de Petróleos S.A en 1951. Sin embargo, dadas las limitaciones de algunos “recursos” naturales, existe una preocupación en el país respecto a un posible déficit de reservas, y es aquí donde se ha planteado el *fracking* como la “salvación” para aumentar las reservas de crudo hasta en 3.000 millones de barriles. Lo anterior, implicaría que se empezaran a explotar algunos yacimientos de petróleo y gas a través de técnicas no convencionales. (Arango, Lemus y Mazo, 2018)

La propuesta de implementar el *fracking* en Colombia, ha tomado mucha fuerza, tanto así, que el pasado 03 de marzo del año 2020, la ministra de minas y energía María Fernanda Suarez, dio vía libre a esta técnica, considerando que ya se revisaron y ajustaron los lineamientos para el “desarrollo sostenible”, los cuales incluyen la identificación previa de los riesgos ambientales y sismológicos (Bohórquez, 2020). Sin embargo, desde 2016, cuando no había permisos ambientales, ya existían 43 bloques potenciales, para explotar hidrocarburos mediante *fracking*. En relación con lo anterior, se puede concluir que esta técnica tiene presencia en nuestro país mucho antes que se establecieran los permisos ambientales y que se realizaran las pruebas para su implementación.

De lo anterior, se resalta la delicada situación de alterar el ambiente con la implementación de esta técnica, lo que convierte el tema del *fracking* en un asunto de gran interés local para el contexto colombiano, entendiendo que solo se formulan y resuelven aquellas tareas que el desarrollo histórico de las fuerzas productivas y de las relaciones de producción de su época plantean, Hessen (citado por Saldaña, 1994). Esto a su vez puede enriquecer el aprendizaje de las ciencias, es por ello que, en este trabajo se intenta un acercamiento que posibilite comprender esta CSC y contextualizar sobre las posibles repercusiones que han presentado la extracción de gas y petróleo de esquisto sobre el medio ambiente y la salud humana, así como un necesario énfasis en algunos aspectos disciplinares fisicoquímicos abordados en este proyecto, los cuales se nombran a continuación.

El siguiente es un listado de términos relacionados con la cuestión seleccionada. El primer grupo lo conforman los términos que agrupan generalidades sobre sustancias químicas: química del carbono, petróleo y nuevos materiales, hidrocarburos, química e industria, aplicaciones y propiedades de los compuestos del carbono, reacciones químicas, soluciones y **mezclas**, solventes y solutos. El segundo grupo está conformado por algunas propiedades químicas de utilidad o producidas como efectos colaterales y sus efectos en la salud así como los aspectos que guardan relación con el ambiente y su contaminación: cambio climático, exposición a compuestos químicos, **contaminación de acuíferos** por vertidos, contaminación de los suelos por vertidos, efectos de la exposición de **sustancias tóxicas en la salud humana**, **toxicidad de los metales**, **agentes tóxicos**, **agentes cancerígenos**, **agentes mutagénicos** riesgo químicos en la fracturación hidráulica, **permeabilidad**, **radioactividad** y **bioacumulación**. El último grupo está conformado por alguna terminología relacionada con edafología, tipos de rocas, sedimentación y procesos de meteorización química.

Las expresiones presentadas anteriormente abarcan procesos químicos, biológicos y físicos de las C.N, su comprensión puede favorecer el aprendizaje de otros procesos tales como: respiración, fotosíntesis, reproducción, fisiología, teoría cinético molecular, soberanía alimentaria, así como la posibilidad de abordar los siguientes Derechos Básicos De Aprendizaje (DBA)

Tabla 1

Algunos procesos abordables desde los derechos básicos de aprendizaje.

	Grado octavo	Grado undécimo
Derechos Básicos De Aprendizaje (DBA),	Analiza relaciones entre sistemas de órganos (excretor, inmune, nervioso, endocrino, óseo y muscular) con los procesos de regulación de las funciones en los seres vivos	Analiza cuestiones ambientales actuales, como el calentamiento global, contaminación, tala de bosques y minería, desde una visión sistémica (económico, social, ambiental y cultural)
Evidencia de aprendizaje	Explica, a través de ejemplos, los efectos de hábitos no saludables en el funcionamiento adecuado de los sistemas excretor,	Argumenta con base en evidencias sobre los efectos que tienen algunas actividades humanas (contaminación, minería,

nervioso, inmune, endocrino, óseo y muscular	ganadería, agricultura, la construcción de carreteras y ciudades, tala de bosques) en la biodiversidad del país
--	---

Derechos Básicos De Aprendizaje (DBA), evidencias de aprendizaje niveles de educación básica y media. (MEN, 2016)

Es relevante establecer ciertas claridades conceptuales con respecto al significado del concepto de cuestión Sociocientífica, esta, no debe su importancia de forma exclusiva a los despliegues mediáticos, puesto que su carácter polémico está dado por ser una controversia social, es importante anotar que la base misma del problema debe poder explicarse desde algunas nociones científicas. Varias de las características favorables de las CSC para favorecer la anhelada relación entre el uso de conceptos y su apropiación en las aulas son los nombrados por Garritz y Zenteno (2010) como secuencias dialógicas, de las cuales se ha seleccionado las siguientes:

Actitud Crítica. El educando puede reconocer que la crítica y la argumentación son actividades comunes en las controversias científicas. Lo anterior implica que el estudiante: analice las afirmaciones científicas y evalúe la importancia de los factores contextuales y pueda distinguir las aseveraciones pseudocientíficas de las evidencias científicas. Asimismo, el educando, puede asumir posturas frente a las afirmaciones científicas y Sociocientíficas, apoyarlas o refutarlas, usando sus conocimientos y soportándose en fuentes de información.

Dado que ser miembro de una sociedad democrática, implica, la argumentación como habilidad necesaria y medio de preparación para saber elegir. Esta, facilita el desarrollo de actitudes críticas hacia la información el conocimiento y los debates públicos, pero argumentar no es una tarea fácil, pues implica entre muchas cosas habilidades para identificar y evaluar la claridad de un reclamo, también se refiere a la carga teórica que deben tener los educandos con respecto a diferenciar teorías de leyes, para analizar un problema.

Es posible que en ocasiones resulte contraproducente pues lleve a los jóvenes a descalificar su capacidad para participar válidamente en discusiones al elevar las exigencias requeridas. (Kolstø, 2001). En cuanto a la argumentación, Driver y Newton citados por Kolstø

(2001) afirman que: “Se puede hacer un caso sólido para que los jóvenes puedan ejercer sus elecciones en forma informada y para prepararlos como futuros miembros de una sociedad democrática, necesitan apoyo en el desarrollo de las habilidades necesarias de argumentación” (p. 15).

Dicha toma de posiciones se puede abordar desde el análisis cotidiano de la realidad, las noticias y los diarios son por estos días una fuente común, las cuales deben ser abordadas con un sano principio de escepticismo e incertidumbre, refiriéndose a esto McClune y Jarman (Citados por Solbes, & Torres, 2012) recomiendan la necesidad de ayudar a los educandos a comprender las noticias con contenido científico. También hacen énfasis en el tipo de información y sus limitaciones por lo que se requiere formar en el pensamiento crítico con el fin de analizar y cuestionar la información de los medios de comunicación.

En relación con el uso pedagógico de dichas cuestiones, Henao & Stipcich (2008) reconocen que “el tratamiento de CSC en la educación en ciencias, implica la inclusión de literatura científica como fuente de información y objeto de debate en los procesos de aula” (p. 57). Lo anterior, implica que los maestros hagan una búsqueda exhaustiva de fuentes de información en distintos medios de comunicación, para acercar a los educandos lo mejor posible al tema de estudio y a acciones posibles. Con respecto a los medios de comunicación como fuentes de información se comenta que:

Es importante que desde la educación científica se pronuncien esfuerzos didácticos hacia el desarrollo del pensamiento crítico, dado que en la actualidad muchas de las noticias transmitidas por los medios de comunicación tienen que ver con temas de ciencia, por lo que si no se tiene este tipo de pensamiento las personas se quedan simplemente con opiniones dominantes que engañan y no muestran la verdad de las cosas. (Solbes, 2012, p5)

Después de describir la importancia y lo oportuno del uso de conceptos científicos para la argumentación en el aula de clases, es pertinente entender cómo se puede llegar a una ciudadanía informada. La formación en ciudadanía desde las ciencias es un reto que se ha venido asumiendo por parte de cierto sector de la academia como un “propósito ineludible” (Henao y Palacio, 2013, p.4). Ayudando a dotar de sentido el aprendizaje de las ciencias naturales en

contexto, a continuación, se describen algunos aportes relevantes para su promoción y posible transformación.

2.3 Formación Sociopolítica para la ciudadanía responsable como reto para la educación en Ciencias

“Hay creciente reconocimiento de la necesidad de mirar el contexto social, económico, político y las cuestiones éticas que rodean la práctica de la ciencia (Hodson, 2003, p. 647).

Uno de los aportes del enfoque CTSA, citados anteriormente, respecto a la enseñanza de las ciencias, está encaminado hacia la construcción de ciudadanía. [...] posibilitando la formación de ciudadanos críticos, responsables e informados, que facilita la toma de decisiones por medio del análisis e interrogantes de diversas CSC en el aula de clases (Arango, 2018).

En concordancia con la perspectiva sociocultural de la construcción de conocimiento científico, se considera que los procesos educativos de enseñanza y aprendizaje deben caracterizarse por ser dinámicos y democráticos, es decir, que los participantes puedan asumir posturas y expresar sus pensamientos. Una iniciativa que en términos de Derek Hodson busca “politizar el currículo de ciencias naturales”.

El anterior planteamiento, reconoce el interés particular de la presente investigación, el cual es promover la idea de que a la educación en ciencias naturales le es inherente la formación para la ciudadanía responsable de los educandos, para que puedan actuar en la resolución de problemas reales usando sus conocimientos de la ciencia y sobre la ciencia.

En relación con las problemáticas reales que pueden abordarse en las clases de ciencias naturales, Hodson (2003; 2004) plantea un total de siete áreas de preocupación que considera claves para estudiarse con los educandos; entre ellas destacan algunas como: El hambre en el mundo: los recursos alimentarios y la agricultura, la calidad del aire y de la atmósfera, los recursos hídricos, la escasez de energía y las energías alternativas, la tecnología para la guerra, armas biológicas, reacciones nucleares, la salud humana y las enfermedades, la extinción de plantas y animales: el uso del suelo y los recursos minerales y el uso de sustancias peligrosas o tóxicas.

Es precisamente en relación con las dos últimas áreas que se plantean las discusiones sobre el *fracking* en Colombia como una cuestión Sociocientífica, pues dicha actividad científica está asociada a la explotación de recursos naturales como el gas y el petróleo, pero al mismo tiempo se asocia con la contaminación de suelos y fuentes hídricas; debido al uso de sustancias tóxicas, como es el caso de la mezcla química descrita en el tema disciplinar de este capítulo.

La relación entre la formación científica y la sociopolítica de ciudadanos críticos es una preocupación compartida por autores como Elizalde y Donoso (1998) y Hodson (2003), los cuales coinciden en la politización del currículo como ruta, donde las reflexiones sobre la ciencia logren explicitar un alcance formativo en la ciudadanía, lo que incluye acciones que busquen cambiar problemáticas encontradas en el contexto, utilizando la participación ciudadana como herramienta esencial. El último autor mencionado en particular reconoce el esfuerzo de algunos sectores por enseñar desde la historia, la epistemología y sociología de las ciencias, pero insiste en la ausencia de una adecuada politización por parte de los maestros con respecto a diversas propuestas pedagógicas, que busquen generar polémica y proactividad en torno a los problemas más relevantes que viven educandos y maestros, (Hodson, 2003).

En su propuesta, Hodson (2003; 2004; 2009) plantea cuatro “niveles de sofisticación” como logros en los aprendizajes de los estudiantes en su proceso de formación sociopolítica; a continuación se presentan cada uno de ellos, los cuales progresivamente, comprenden en primer lugar: Procesos desde el reconocimiento por parte de los educandos de tensiones CTSA; las cuales pueden permitir problematizar los usos de la ciencia en relación con reflexiones metacientíficas, que a su vez pueden generar polémicas respecto a las prácticas científicas.

En segundo lugar, la posibilidad que los educandos asuman posturas críticas frente a los efectos sociales y ambientales vinculados a los desarrollos científicos y tecnológicos para que puedan asumir acciones sociopolíticas informadas, coherentes y responsables.

Tabla 2. Descripción niveles de sofisticación

Nivel 1:	Incentivar que los estudiantes, reconozcan cómo los desarrollos científicos y tecnológicos están vinculados con posibles riesgos para la salud humana y cambios sociales que pueden contribuir a la degradación del ambiente y a su vez generar dilemas éticos y morales en la Ciencia.
Nivel 2:	Promover en los estudiantes, el reconocimiento que las decisiones tomadas sobre la Ciencia y Tecnología buscan favorecer intereses particulares, los cuales priman sobre los intereses comunes; por lo tanto, estas pueden beneficiar el desarrollo económico de empresas e intereses políticos, es decir, entender que el desarrollo científico y tecnológico está íntimamente vinculado con la distribución de la riqueza y el poder.
Nivel 3:	Motivar a los estudiantes para que puedan asumir y expresar sus propias posiciones y posturas críticas, para la toma de decisiones frente a las cuestiones planteadas en los dos primeros niveles, lo que está estrechamente ligado con la argumentación. (Arango, 2013).
Nivel 4:	Orientar a los estudiantes a llevar a cabo acciones como ciudadanos responsables e informadas mediante el abordaje de Cuestiones Sociocientíficas, es decir, que no sean “críticos de sillón”.

Niveles de sofisticación progresiva, para el reconocimiento de tensiones CTSA (Hodson, 2013).

Pero alcanzar a realizar este tipo de reflexiones y acciones en las aulas de clase, es un proceso arduo y consciente, donde el maestro debe presentar las ciencias como parte y construcción de la sociedad, haciendo explícita la relación entre la ciencia con asuntos políticos, económico, éticos, culturales y ambientales. Además de lo anterior, es necesario que el maestro promueva en sus estudiantes el interés por participar en dichas discusiones y que se sientan responsables y capaces de participar y actuar como ciudadanos en oposición a posturas cómodas y menos consientes.

Para entender esta mirada colectiva es necesario traer a discusión las diferentes concepciones de ciudadanía desde la *polis* de los griegos y la *civis* latina: “La tradición latina es

la del ciudadano que lo es cuando la ley se compromete a protegerlo” mientras que el concepto griego reza: “la ciudadanía política, es la de quien puede ir a participar en la plaza pública para tomar las decisiones con sus conciudadanos” (Cortina, 2003, p.11).

Dando por entendidos los anteriores conceptos, desde estas concepciones y en aras de la practicidad, es posible establecer un dialogo entre ellas, o sea, desde la ley y la participación, las cuales intentan denominar y complementar lo que es ser ciudadano. En todo caso lo relevante es el no dar continuidad al imaginario de una ciudadanía que se ejerce solo después de cumplir una mayoría de edad, dejando al margen jóvenes y adolescentes con criterios, y ganas de transformar su entorno, en este sentido es el componente participativo (griego) el que les permite jugar con este rol.

Cortina (2003), propone por medio de 5 dimensiones, llegar a un ciudadano auténtico, las cuales serían en su orden progresivo: las ciudadanías social, económica, civil, intercultural y cosmopolita.

Tabla 3 Dimensiones hacia una ciudadanía autentica.

La ciudadanía social.	Ligada a unos derechos de primera y segunda generación suplidos de forma mínima, que se convierten más tarde en mínimos de humanidad
La ciudadanía económica.	Interesante propuesta dado que implica poder unirse y decidir qué se produce y qué no, articulando una especie de conciencia colectiva del consumo responsable y sostenible
Ciudadanía civil.	Que permita desde diversas profesiones, y espacios como universidades e inclusive colegios, ejercer el deber de expresarse desde estas esferas, entendiendo la civilidad como altruismo y pensarse en el otro, y para finalizar
Las ciudadanías intercultural	Se propone reivindicar el valor de la diversidad cultural y trata de desaparecer los sesgos que dividen a los ciudadanos categorizándoles como de ciudadanos de primera y de segunda categoría,
El ciudadano cosmopolita	Es el final del camino, un ciudadano del mundo, que en algunas ocasiones por causa de la globalización se convierte en un ideal

esnobista y urgente, cuando se trata de concebir sin las otras ciudadanías, lo que deja un vacío enorme y una disfuncionalidad, al adolecer de cimientos robustos para sustentar esta valiosa figura, querer ser global sin pasar primero por las otras ciudadanías no permite interacciones válidas que tengan la humanidad como valor principal.

Descripción breve de las dimensiones que comprende la noción de ciudadanía (cortina, 2003).

Entender que desde la concepción de ciudadanías participativas y regidas por la ley y ayudados por medio de reflexiones metacientíficas es posible plantear discusiones en el aula de clases, puede implicar que nuestros educandos repiensen el imaginario del voto como forma exclusiva de representatividad, así como el mito del ejercicio ciudadano como exclusividad reservada para una mayoría de edad, entendida esta como el paso mágico a la adquisición de criterio, punto de vista meramente legal, heredado y predominante hasta ahora que margina y en muchas ocasiones determina la participación.

Se hace necesario suplir los vacíos que dicha visión de representatividad ha dejado en esta sociedad y empoderar a los adolescentes y jóvenes en torno a su rol determinante de vigilancia, así como el poder de manifestarse a favor o en contra de ciertas políticas, en este caso evaluando el impacto ambiental que sugiere el uso de la técnica conocida como *fracking*, en Colombia.

Investigaciones en torno a las emociones políticas permiten comprender el papel que estas juegan a la hora de pensar qué aspectos se deberán privilegiar en las aulas de clases para desarrollar la formación de sujetos políticos.

Cabe destacar el potencial [...] de la amistad, la indignación, el miedo y la alegría como emociones decisivas en su configuración como sujetos políticos y en las consecuentes acciones colectivas que implementen para leer críticamente sus contextos y construir, a partir de sus propias condiciones de vulnerabilidad, alternativas viables y productivas socialmente en función de una vida digna para todos y todas. (Vargas, Giraldo y Trujillo, 2017, p.1)

Para continuar hilando la formación en ciudadanía desde las ciencias, es necesario ahora ubicarse en el momento histórico que se está viviendo: Un conflicto armado con más de 60 años de duración, según el informe (Comisión Nacional de Reparación y Reconciliación, 2013). Miles de muertos y millones de desplazados, y un problema de fondo en la redistribución de tierras, minería artesanal ilegal lesiva con el ambiente, sumado a una ambiciosa concesión de gran parte del territorio nacional para la denominada megaminería (Pérez y Rincón, 2014). Es evidente la urgencia de abordar problemáticas que como el *fracking*, pueden alimentar el debate en las aulas de clase, acerca de los retos. Al respecto Lozano (2020) afirma.

En el contexto colombiano la conflictividad socioambiental es crítica y el asesinato de defensores del ambiente es preocupante. La participación ciudadana debería ser un mecanismo para gestionar los conflictos ambientales, garantizar los derechos de los ciudadanos que puedan verse afectados, permitir el acceso a información sobre riesgos y beneficios, e intervenir y concertar las decisiones sobre la implementación de proyectos que pueden causar problemáticas sociales y ambientales, como el *fracking*. (p.3)

Para posibilitar esta discusión, se hace necesario volver al concepto de subjetividad, que unido a lo que se entiende por ciudadanía, permitan intencionar de forma oportuna los debates y otros espacios de discusión que se llevaran a cabo en esta investigación.

Se han elegido aquí varias ideas principales que permitirán desplegar este concepto relevante para la pluralidad y la construcción de ideas desde diversas tramas de la subjetividad política y procesos de socialización, que validen el actuar de los educandos como ciudadanos participativos y actores políticos.

- Totalitarismo vs pluralidad: La democracia colombiana encubre un totalitarismo que va en contra de todo aquello que llamamos pluralidad, o sea aquello que nos diferencia y a la par nos hace comunes, el estado fascistoide según Breilh (2007). Intenta anular por vías como la soledad, el individualismo y el replegamiento por medios como el estímulo de la superficialidad, la destrucción de la solidaridad con la competencia, silenciando-inmovilizando, perdiendo la identidad (desplazamiento forzado), dejando sin piso el discurso de “igualdad de derechos” (Alvarado, Ospina, Botero, y Muñoz, 2008).

Lo que en sumatoria tiene como consecuencias un ambiente de pesimismo como se describe a continuación “[...] Esta pérdida de valor de lo narrado, de lo que se dice, del discurso que se

queda vacío, es quizás, en Colombia y sus regiones, contextos en los que los y las jóvenes constructores/as de Paz devienen en sujetos históricos, una de las mayores expresiones de banalización y precarización de la política” (Alvarado, Ospina, Botero, & Muñoz, 2008, P.14).

- Evidenciar los discursos como las prácticas sociales que ellos y ellas privilegian en su construcción de cotidianidad reconfigurada desde la acción política en los escenarios juveniles de actuación.

Implica la transformación del poder: del “poder” del adulto (padres, maestros) “sobre” los y las jóvenes, al “poder con” ellos y ellas, porque sólo en el “entre” se gana la posibilidad de un espacio en común, es decir, de un espacio público; y este espacio público es, precisamente, el escenario de la construcción de ciudadanía, de configuración de la subjetividad política. (Alvarado, Ospina, Botero, & Muñoz, 2008, P.16)

- Protagonismo que lleve a la construcción de proyectos colectivos consensuados, desde la criticidad, la reflexión y el apoyo a la cultura a la que pertenecen, potenciando una singularidad subjetiva entendida como interacción de otras subjetividades igual de complejas. Lo que implica formar criterio para elegir un camino y no mostrar el camino mismo Guevara, Niño, González, & Reyes, (2016).

- El fenómeno de la reflexividad como ampliación implica el sentido común como unión de pluralidades, interacción humana en lo público. (Vizer, & Martín-Barbero, 2003).

- Autonomía como capacidad de pensar por sí mismo, reconocimiento del otro y de los principios que dirigen la vida. Es importante demarcar esta autonomía pues hasta ahora se encuentra en un ámbito plenamente retórico, entendiendo la imposibilidad de una autonomía total por pertenecer a un sistema social político establecido.

- El sujeto político que se construye desde el reconocimiento de sí mismo, desde la propia historia de vida, permite reconocer lo que me diferencia, pero también lo que me une a los otros

- Construcción de experiencias de acción colectiva contextualizadas que comprenden y desestructuran las formas de poder y contrapoder localizados.

- Estas tramas pueden posibilitar al fin que los educandos perciban que hacen parte del mundo, asuman cierta postura de la realidad y busquen la posibilidad de transformarla.

- Se hace necesario buscar un equilibrio entre la participación y el desarrollo pues, en muchas ocasiones estos dos conceptos parecen oponerse y dificultar así la consecución de estados democráticos que posibiliten la búsqueda de la paz (Elizalde, y Donoso, 1998)

- Además, se considera viable y necesario transformar las prácticas educativas en la enseñanza de las ciencias naturales. Una alternativa es promover en los educandos el accionar sociopolítico por medio de la formación científica, posibilitando estructurar procesos participativos como verdaderos procesos democráticos para la resolución de problemas reales, es así como el abordaje de las CSC desde actividades socioculturales, pueden contribuir a este logro.

Es esencial para los procesos comunicativos que pueden dar cabida a la generación de disensos y consensos propios de la participación ciudadana establecer el papel y la estructura básica del debate crítica como proceso dialógico

2.4 Algunas consideraciones sobre procesos dialógicos: el debate crítico en la construcción de conocimiento

Se pretende ahora establecer una relación entre los procesos dialógicos, la construcción de conocimiento científico y la enseñanza de las ciencias naturales, desde la posibilidad de comprender las dinámicas discursivas de la ciencia, así como el papel que juegan la argumentación y la sustentación en la manera de aprender las ciencias naturales en el aula de clase, lo que posibilita no solo un proceso de resignificación y reestructuración, sino el protagonismo desde la participación de saberes científicos para ejercer ciudadanías responsables

Al respecto Henao y Stipcich (2008) hacen alusión a la importancia del lenguaje y la argumentación en la compleja elaboración del conocimiento, respecto a su construcción y validación, posturas adecuadas según Adúriz-Bravo, Izquierdo y Adúriz-Bravo, (citados por Amelines 2015). En tanto configuran una imagen de las ciencias que permite destacar sus aspectos sociales y humanos, sin perder de vista los cánones que las rigen, sus logros y sus limitaciones.

Estas limitaciones se deben tener en cuenta para poder lograr los espacios que permitan y orienten estos procesos de resignificación y comprensión a los que se aspira, implica, además, tener en cuenta algunos aspectos negativos que se han venido revisando con respecto al debate

crítico, como una práctica muy difundida en América Latina, con el fin de no que no pasen como factores desapercibidos, sino, hacerles frente procurando las condiciones para evitarlos. Eyzaguirre (citado por Fuentes 2011) cita los siguientes aspectos:

(1) confrontacionalidad (como actitud negativa frente al otro, no como cualidad crítica de análisis, es decir, como contrastabilidad); (2) inflexibilidad del punto de vista, (3) falta de apertura a la revisión de creencias; (4) falta de actitud cooperativa en la resolución del conflicto argumentativo; (5) propensión a desarrollar un clima hostil hacia la contraparte; (6) restricción para la co-construcción de conocimiento; y (7) restricción de la discusión a una única proposición por debate. (p.1)

Continuando con los componentes del debate crítico, es necesario ahora aclarar lo qué se entiende como situación dialógica: Es una interacción dinámica de varios componentes: dos o más participantes capacitados para producir o interpretar el habla que presentan léxico y carga teórica semejante, una participación secuencial e intervenciones planeadas, uno o varios temas que dirigen la conversación, y por último según Rabossi (citada por Fuentes 2011):

una meta o resultado posible, no dialógico, que los participantes se proponen alcanzar de manera cooperativa, y [...] un conjuntos mínimos de cánones, generales o específicos, que regulan el desarrollo y las exigencias participativas de cada tipo de situación dialógica. (p.2)

En cuanto a las características logísticas y estructurales del debate crítico se tiene, que a diferencia del debate tradicional, este debate es una especie de mezcla entre dialogo y debate, para lo cual se hace necesario adaptar una situación inicial y una meta final (característicos del debate tradicional) transformándolas en una o varias tesis iniciales y finales que son expuestas y sometidas a argumentos y contraargumentos razonables, críticas y evaluaciones (Fuentes 2011)

Tomar como parte del proceso epistémico el pensamiento reflexivo, es posible desde el protagonismo y sentido que se le da a la construcción del conocimiento desde los actos dialógicos, dicha propuesta se sostiene desde los hallazgos hechos por Leitão 2013, respecto al papel mediador de la argumentación en el desarrollo cognitivo de los individuos, así como el desarrollo del pensamiento crítico reflexivo, que permita establecer procesos de revisión de creencias desde la argumentación. El procedimiento analítico al que se hace alusión se basa en

una unidad de análisis conformada por tres componentes: argumentación, contraargumentación y respuesta Leitão (2007).

Para finalizar, el diseño que se ha elegido para posibilitar los anteriores procesos se divide según Bravo (2015), en cuatro partes funcionales: “(1) reporte de investigación, (2) debate restringido, (3) debate abierto, y (4) cierre resolutivo” (p.10).

3. METODOLOGÍA

“...Los estudios cualitativos ponen especial énfasis en la valoración de lo subjetivo y lo vivencial y en la interacción entre sujetos de la investigación; privilegiando lo local, lo cotidiano y lo cultural” (Galeano, 2004 p. 20)

El siguiente es el orden propuesto para acercarse al componente metodológico de esta investigación: se inicia describiendo el tipo de estudio, luego nos acercamos al caso y el contexto, posteriormente consentimiento y asentimiento informado, a continuación, la propuesta pedagógica y el registro de información para llegar al fin a la aplicación de los instrumentos y la consecutiva estrategia de análisis

Esta investigación a nivel educativo se configura como una propuesta de formación que tiene en cuenta los aportes de la Sociología de la ciencia y busca contribuir al desarrollo del pensamiento científico y la formación como sujetos políticos en las clases de ciencias naturales.

A nivel metodológico, esta propuesta supone procesos de análisis y reflexión por medio de los procesos argumentativos, discursivos y dialécticos, que pueden darse en el aula cuando se problematiza con los educandos una CSC vigente relacionada con el *fracking*, se espera que producto de esta discusión se posibiliten entre otros fenómenos, la construcción colectiva del conocimiento.

En concordancia con lo anterior, esta investigación se plantea desde el paradigma cualitativo, entendiendo este como un conjunto de epistemologías que buscan la comprensión y reflexión profunda de fenómenos humanos, en este caso puntual, el de los procesos de aprendizaje (Vasilachis, 2006). A continuación, se profundiza en este paradigma, nombrado investigación cualitativa y la importancia de la utilización de este para la superación de problemáticas sociales.

Para Stake (citado por Flores, Gómez, y Jiménez, 1999), la primera característica diferenciadora de la investigación cualitativa no se asienta en el enfrentamiento entre dato cualitativo versus dato cuantitativo, sino que se sitúa el terreno epistemológico. El objetivo de la investigación cualitativa es la comprensión, centrando la indagación en los hechos; mientras que la investigación cuantitativa fundamentará su búsqueda en las causas, persiguiendo su control y explicación.

Este tipo de paradigmas que se abordan con una visión crítica, deben permitir evidenciar posibles opresiones y producir consecuentes emancipaciones, dado que, en este tipo de investigaciones, existe el riesgo de tomar supuestos viciados desde posiciones de dominio, convirtiendo este instrumento en un riesgoso campo que, aunque intenta explicar fenomenologías multidiversas podría permitir perpetuar dichas condiciones; (Vasilachis, 2006).

Es así como la investigación cualitativa, se convierte en una herramienta que transforma y permite develar múltiples tonos de grises, que pueden formar lo que hoy llamamos educación. La secuencia lógica con que estos conceptos guían una investigación no puede tomarse como algo a la ligera, pues se debe tener en cuenta que un análisis riguroso acompañado de una buena metodología, permite armar y dotar de instrumentos al estudio concienzudo del ejercicio docente, en este caso como un fenómeno que se desarrolla en un aula, pero que debe trascender más allá de ese lugar, pues son las experiencias que los actores del proceso han ido viviendo las que les permitirán intentar cambiar sus realidades .

Estudiar cualquier paradigma dependerá de los puntos de vista desde donde se aborde, el grado de sofisticación e información al que se llegue está en manos de la elección de cómo se desea responder a tres preguntas fundamentales a saber: La pregunta ontológica, la pregunta epistemológica y por último la pregunta metodológica.

Entender que las respuestas a estas preguntas corresponden a la denominada teoría crítica por tratarse de, en primera instancia, una realidad en la cual han influido una cantidad de antecedentes culturales, sociales, políticos, mediados por y dependientes de valores, en donde el investigador y el sujeto investigado interactúan desde sus subjetividades y valores y se influyen mutuamente, y en segundo lugar una metodología que percibe información desde la

dialéctica y la dialógica, estas últimas características inequívocas y distintivas de los métodos de investigación cualitativos (Guba, & Lincoln, 2002).

Se ha elegido el paradigma interpretativo desde la investigación social educativa, el cual según Carr & Kemmis, (1988). Se puede concebir como aquel. [...] “Que aspira a explicitar los significados subjetivos asignados por los actores sociales a sus acciones” (p.108). Desde la intención de esta investigación educativa, en donde se toman los enunciados de los educandos como unidades de análisis, se reflexiona profundamente el acto de aprendizaje desarrollado en el aula de clases, en este caso, problematizando una cuestión sociocientífica como el *fracking* o fractura hidráulica, para desarrollar competencias científicas; como la indagación y la argumentación y lo concerniente a la formación de sujetos políticos que aporten a la formación de ciudadanía desde el trabajo en equipo, la pluralidad y el respeto por las diferentes opiniones, resaltando que la ciencia, metodológicamente utiliza el pensamiento crítico cuando se aborda desde su construcción social e histórica.

Para finalizar, se debe tener en cuenta que: “investigar desde una racionalidad hermenéutica significa una forma de abordar, estudiar, entender, analizar y construir conocimiento a partir de procesos de interpretación, donde la validez y confiabilidad del conocimiento descansa en última instancia en el rigor del investigador” (Cabrera, 2005, p.3).

3.1 Método de investigación cualitativa: Estudio de Caso

En coherencia con el propósito de esta investigación y los objetivos planteados, se considera el estudio de caso (Stake, 1998) como el método ideal para llevar a cabo esta investigación, dada su intención de comprender algunos aspectos relacionados con el aprendizaje de las ciencias a partir de interpretaciones y descripciones de los enunciados planteados por los educandos. Pérez Serrano (1994) afirma que: “su objetivo básico es comprender el significado de una experiencia” (p.81). El conocimiento de lo particular, de lo idiosincrásico, sin olvidar su contexto, parece que está presente en la intencionalidad de la investigación basada en estudios de caso.

Es por medio del estudio de caso, desde ahora -E.C.-que se busca comprender las diversas dinámicas emergentes alrededor de la discusión de los educandos y el maestro, sobre la técnica del *fracking* como método de extracción no convencional de combustibles fósiles en Colombia.

Una de las intenciones de la presente investigación, es la comprensión de un fenómeno social a nivel educativo, resultado de incentivar reflexiones metacientíficas en la construcción social de conocimiento, parte esencial de lo que implica la formación científica y su relación latente con la crítica social inmersa en el accionar sociopolítico, desde las clases de ciencias naturales. El caso en particular tiene un papel secundario al convertirse en como su nombre lo indica, en un instrumento para construir significados más generales, a esta modalidad se le llama estudio de caso instrumental (Stake, 2008, P.17).

Se ha elegido la controversia sobre el *fracking* en Colombia, pues son los ciudadanos desde su accionar, los llamados a asumir su responsabilidad el día de mañana, serán ellos quienes hereden los ecosistemas de hoy, los cuales se encuentran en un delicado estado, deberán tomar decisiones y acciones pertinentes para su protección, cuidado y la preservación de su frágil equilibrio. Es por esto que el estudio de caso se constituye como una alternativa metodológica, que permite trabajar en el aula de clases, este tipo de -CSC- para preparar sujetos políticos que basan su accionar en decisiones informadas y actitudes de apropiación por su entorno.

3.1.1 Estudio de Caso Instrumental.

Es conveniente entender el estudio de caso instrumental, diferenciándolo del estudio de caso intrínseco, pues en este tipo de estudios la finalidad no está dirigida hacia el conocimiento o comprensión de aspectos concretos, sino, que puede ayudar a comprender aspectos y necesidades de forma general, desde un caso en particular (Stake, 1998).

La principal ventaja para su aplicación en las aulas radica en una de las características de la investigación cualitativa, la interpretación. Este proceso no está focalizado únicamente en la identificación de características y el desarrollo de instrumentos que anteceden al registro de información, o en el apartado de análisis que se lleva a cabo en el informe final, se destaca, por el contrario, por la presencia de un intérprete en el campo, el cual puede observar el desarrollo del caso, es alguien que puede examinar significados y reorientar la observación (Stake, 1998). Según Hamilton y Parlett (citados por Stake, 1998) se tiene entonces como objetivo primordial de la interpretación, entender el caso en su totalidad. Este tipo de dinámicas han sido denominadas enfoque progresivo.

3.2 Acerca del caso y el contexto

El caso consiste en un grupo de 48 educandos pertenecientes al grado Octavo, de la Institución Educativa Roberto Arroyave Vélez, los cuales recibieron la invitación para participar en la presente investigación en torno a la cuestión sociocientífica conocida como *fracking*. La institución educativa se encuentra ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros, los instrumentos fueron aplicados entre los meses de julio y noviembre del año 2019.

3.3 Accesos y permisos:

Este proyecto de investigación se llevará a cabo en la Institución Educativa con permiso de la administración y con el consentimiento y asentimiento de los padres de familia y estudiantes respectivamente, con el compromiso por parte del investigador, que la información

registrada será de uso exclusivo para este estudio. Por lo tanto, todas las partes firmaron un protocolo ético -ver anexo.

3.4 Descripción del diseño y orientación de la propuesta pedagógica:

Cabe aclarar que la propuesta completa, cuya descripción se presenta a continuación, se encuentra como anexo al final de este informe investigativo. Como se observa en la gráfica la actividad se divide en cuatro sesiones o actividades.

Antes de la primera sesión se invitó a los participantes de la investigación, a completar por medio de un formulario de drive una actividad dirigida a caracterizar la población desde las imágenes de ciencia previas al estudio. Vinculo web: <https://bit.ly/36oXefw>

La primera actividad ha sido nombrada: “pongámonos de acuerdo sobre el *fracking*” consta de la visualización de dos videos; el primero sobre el *fracking* en Colombia y el segundo pertenece a un capítulo de la serie animada los Simpsons titulado: “opuestos al frack” en Hispanoamérica. Vinculo web: <https://bit.ly/2TsZqNV>

Posteriormente se realiza la intervención de un experto, el cual trata algunas cuestiones Sociocientíficas, al finalizar, los estudiantes realizaron un taller el cual tuvo como objetivo principal, promover algunas reflexiones iniciales acerca de la implementación del *fracking* en Colombia, como una Cuestión Socio Científica; favoreciendo la construcción social de conocimiento en el aula, las estrategias metodológicas usadas fueron el trabajo en grupos de 4 personas y la posterior socialización de las respuestas que serían consignadas en el taller número uno.

La segunda actividad llamada: “una mirada crítica al *fracking* en Colombia”, se basó en la lectura de 3 fuentes informativas, las cuales trataron sobre noticias relacionadas con el *fracking* desde diversos enfoques, y su objetivo fue promover la comparación de dichas fuentes periodísticas, para valorar diversas posturas e intereses que intervienen en la controversia propuesta. Estas noticias fueron seleccionadas desde algunas fuentes principales de prensa electrónica del país, su intención no es otra que develar algunas reflexiones metacientíficas con

respecto a dinámicas de la Ciencia como parte de la sociedad y a su vez, la influencia de la sociedad en la ciencia, las herramientas metodológicas usadas fueron la lectura y discusión en grupos de 3 personas y la posterior socialización de las respuestas que serían consignadas en el taller correspondiente.

Vínculos web: El espectador: <https://bit.ly/2K6IANS>

El colombiano: <https://bit.ly/2IHBHTH>

El tiempo: <https://bit.ly/2ytsBrV>

La tercera parte consta de un panel de expertos, en este tipo de actividad, se privilegian las discusiones y los argumentos alrededor de las CSC, lo que permitió destacar el carácter social de las ciencias, mediante el juego de roles de expertos, desde diversas posturas con respecto a la implementación del *fracking* en Colombia, y la perspectiva de múltiples agentes sociales, base para posterior debate de la problemática (cuarta sesión) en el aula de clases, además de incrementar la comprensión sobre los principios físicos y químicos relacionados con dicha técnica (Asunto disciplinar). Las estrategias metodológicas usadas en esta ocasión consistieron en la participación de los educandos asumiendo el papel de un experto, dichos roles fueron: Ministra/o de Ambiente, Gobernador/a de Boyacá, Ministro/a de Minas y Energía, Líderes y lideresas comunitarios/as, Ingeniero/a de petróleos y Biólogo/a, estos asumieron diversas posturas de apoyo o rechazo a la implementación de dicha técnica, desde sus diversos ámbitos, luego el moderador invita al público a realizó preguntas a los panelistas invitados.

Por último, tenemos una actividad que es suma de todas las anteriores y la cual está alimentada por todas ellas, el debate crítico. Su objetivo primordial es desarrollar de habilidades reflexivas y establecer recursos analíticos capaces de capturar el desarrollo de la habilidad de producción de argumentos, este se basa en un espacio dialectico y dilógico que privilegio el respeto por la palabra y la expresión de posiciones argumentadas y contraargumentadas, defendiendo tesis opuestas.

3.5 Diseño y orientación de la propuesta pedagógica:

A continuación, se presenta un diagrama que muestra la interrelación entre actividades y sesiones realizadas con las categorías propuestas.

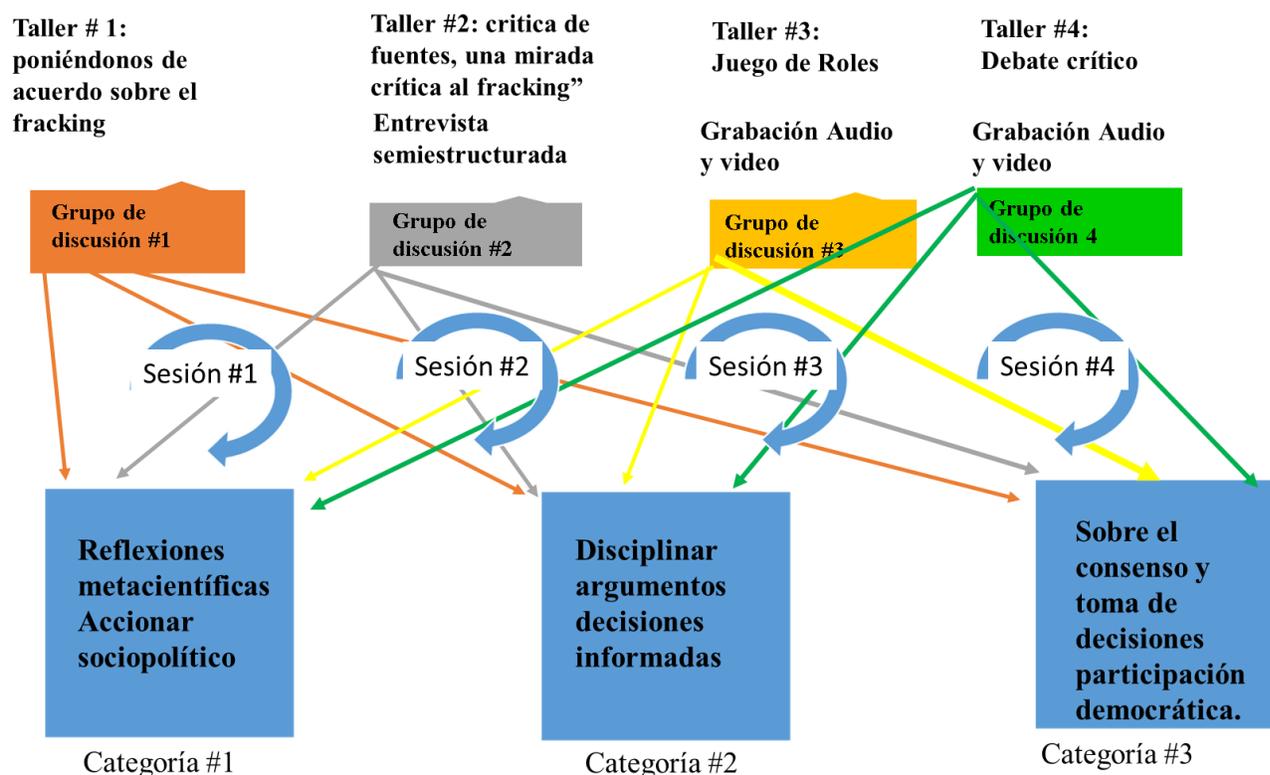


Figura I. Esquema de sesiones, triangulación de actividades y registros de información de la Propuesta Pedagógica

3.6 Instrumentos de registro

Se entiende como proceso de triangulación la acción de reunir y cruzar dialécticamente, toda la información posible sobre nuestro fenómeno en estudio que surge de la investigación a través de los instrumentos, y constituye el cuerpo de resultados de la investigación (Cisterna, 2005). El proceso de triangulación se realizó desde varios ámbitos y componentes del presente trabajo:

Procesos de triangulación de las fuentes, (lectura de noticias, cuestionarios, socialización y grupos de discusión. Triangulación con el marco teórico, en los procesos de elaboración y

análisis categorial, así como la interpretación de resultados. Triangulación interpretativa; con pares investigadores del grupo ECCE, en el transcurso del seminario de investigación, en el desarrollo de la investigación, pilotaje de algunos instrumentos aplicados en otros grupos de estudiantes de grado noveno de los colegios San José de Lasalle y Manuel Mejía Vallejo de Medellín, y por último como parte de la validación de instrumentos, el proceso de investigación fue sometido a varios avances realizados ante los jurados, además de la participación como proyecto investigativo en ponencias internacionales (X congreso Iberoamericano de Educación Científica-Montevideo Uruguay).

Entre las técnicas e instrumentos seleccionados para posibilitar la generación y el registro de información están: Talleres escritos, entrevista semiestructurada, observación no participante, juegos de rol y debate crítico; registrados por medios de audio, video y registro fotográfico y formulario electrónico. Estas herramientas permitieron generar y registrar información necesaria, para identificar elementos y dar cuenta de niveles de alfabetización, así como formación científica y política, desde las ideas emitidas por los educandos. Esta investigación dio inicio en el segundo semestre del año 2019. La estructura utilizada para organizar y estructura a esta metodología fue las siguiente.

Se consignan aquí las interpretaciones realizadas a partir de las transcripciones resultantes de la aplicación de los instrumentos, cabe anotar que los enunciados fueron seleccionados teniendo en cuenta, cuáles de ellos cumplían con la intencionalidad de la ruta de construcción de sentido planteada, y por ende no se presentan todos por medio de la (matriz de categorización). Se le llama de esta manera, a aquella ruta que permite ver la trazabilidad de algunos componentes claves de la investigación, como en este caso particular, lo son las categorías e inclusive el criterio de selección de los enunciados, de esta forma: Unidad de análisis → Categoría → Objetivo → Marco teórico → Pregunta Problema.

3.7 Estrategia de Análisis

Se presenta como técnica principal el análisis de discurso, adaptado de la propuesta desde Selma Leitão, (Leitão, 2007). Bajo el título de pensamiento reflexivo como proceso epistémico, este propone la posibilidad de que el sujeto repense las sus ideas o argumentos a

partir de las reflexiones que el investigador suscita, el papel del agente investigador será interpretar esas transformaciones que se van dando en los individuos a medida que emergen sus intervenciones. La comprensión surgida en este contexto dialógico posibilita el entendimiento de la controversia, como proceso principal que estimula la persuasión propia o ajena sobre creencias “erróneas”, para lograrlo, se elaboran razones, evidencias (subjetividades), que afianzaran sus puntos de vista con diferente intensidad.

El sistema de codificación que permite identificar las unidades de contexto y análisis es el siguiente:

Tabla 4 Sistema de codificación para unidades de análisis.

Numero de Sesión	Fecha	Nombre de la sesión	Actividad	Fase
	*16-08-2019	Caracterización de la población	Formulario Drive	
Sesión #1	19-07-2019	Pongámonos de acuerdo sobre el fracking.	Charla (inicial) Taller #1. (final)	Situación 1 y 2.
Sesión #2	26-08-2019	Una mirada crítica al fracking en Colombia.	Noticias #1, #2 y #3. (inicial) Taller #2 (final)	Preguntas 1 al 10. socialización de respuestas.
Sesión #3	19-09-2019	Panel de expertos: consensos y disensos sobre el fracking en Colombia.	Lectura documento base. (anterior) Socialización. (posterior)	Ponencias iniciales y finales (según roles). preguntas desde el público. Respuestas según roles.
(Sesión #3, 19-09-2019, inicio sesión de preguntas desde el público, panelistas a favor) **				
Sesión #4	27-09-2019	Debate crítico: Resolución de controversias sobre el <i>fracking</i> en Colombia.	Taller (cuestionario final).	#3. Exposición de tesis iniciales y finales.

* Fecha límite para resolver el formulario

**Ejemplo de codificación para los hallazgos

3.8 Análisis de contenido

“...El análisis de contenido no debe perseguir otro objetivo que el de lograr la emergencia de aquel sentido latente que procede de las prácticas sociales y cognitivas” (Piñuel, 2002 p.4).

En relación con la anterior estrategia cualitativa de investigación, acogemos la técnica de análisis de contenido, la cual nos ofrece la posibilidad de investigar la naturaleza del discurso y su sentido en el contexto del aula (Krippendorff, 1980; Bartolomé, 1981; Piñuel, 2002).

De acuerdo con Piñuel (2002) el *análisis de contenido* es un conjunto de procedimientos interpretativos de productos de la comunicación -mensajes, textos, discursos- previamente registrados, que se interpretan a la luz de categorías de análisis teniendo en cuenta las unidades de contexto. En este caso, las unidades de análisis son los enunciados construidos por los estudiantes y las unidades de contexto las actividades pedagógicas en las que éstos surgen.

3.9 Propuesta Pedagógica y Registro de información

A continuación, se presentan actividades pedagógicas que hacen parte de la propuesta, así como el registro de información mediante diferentes instrumentos.

Tabla 5 Esquema general de la propuesta pedagógica

Sesión	Nombre	Objetivo	Descripción	Aspecto disciplinar	Ejemplos de indicios	Herramientas
1	Poniéndonos de acuerdo sobre el <i>fracking</i>	Promover algunas reflexiones iniciales acerca de la implementación del <i>fracking</i> en Colombia como una Cuestión Socio Científica; favoreciendo la construcción social de conocimiento en el aula.	Aproximación conceptual sobre el <i>fracking</i> mediante charla con experto, material audiovisual y taller, para motivar y acercar a los estudiantes respecto a la problemática en cuestión.	Generalidades de procesos fisicoquímicos de la extracción de combustibles fósiles. Impacto ambiental.	Reconocimiento de la necesidad de ciudadanías informadas para una democracia participativa	Duración: 2 horas Material impreso: talleres Instrumentos de registro: Hojas de respuesta Libreta de registro. Fotografías
2	Una mirada crítica al <i>fracking</i> en Colombia	Fortalecer el pensamiento crítico en los estudiantes mediante el análisis de fuentes informativas relacionadas con la implementación del <i>fracking</i> en Colombia.	Comparación de una serie de fuentes informativas para valorar diversas posturas e intereses, que intervienen en la controversia del <i>fracking</i> en Colombia	Aspectos puntuales de la técnica, perforación, uso del agua, contaminantes, etc.	Relación entre avances científicos y tecnológicos con posibles riesgos para el ambiente y la salud	Duración: 2 horas Material impreso: talleres Fuente De Información: Videos Y Prensa electrónica impresa: El espectador. El colombiano. El tiempo https://bit.ly/2K6IANS https://bit.ly/2ytsBrV https://bit.ly/2IHBHTH instrumentos de registro: Libreta de registro. Fotografías.
3	Panel de expertos: consensos y disensos sobre	Promover reflexiones metacientíficas en los estudiantes a partir del análisis de asuntos científicos, sociales,	A partir de algunos agentes identificados en la sesión anterior (crítica de fuentes), se asignan algunos roles a los estudiantes quienes asumirán el papel de expertos en un panel, el cual	Efectos de algunos químicos usados en el <i>fracking</i> , para la salud Uso y contaminación del agua	Comprende la relación entre la fractura hidráulica, y su afectación a la megadiversidad del país, como un problema sociopolítico.	Herramientas: Documento base. Lectura colaborativa y socialización del texto: “El <i>Fracking</i> : Impactos ambientales

	el <i>fracking</i> en Colombia.	políticos, éticos y ambientales asociados a la técnica del <i>fracking</i> .	es dirigido por el investigador y la participación de los estudiantes como público que interactúa por medio de preguntas a los panelistas	Contextos de verificación Intereses económicos y políticos		y socioeconómicos” (Valdés, C. 2016) Instrumentos de registro: Grabaciones audio Libreta de registro. Fotografías
4	Debate crítico: “Resolución de controversias sobre el <i>fracking</i> en Colombia” para la toma de decisiones informadas en la participación democrática.	Promover discusiones alrededor del <i>fracking</i> en los educandos, como espacio argumentativo para fomentar la participación democrática desde la toma de decisiones informadas.	A partir de una tesis inicial se formula una confrontación no competitiva, “dialógica” que lleve hacia una meta o resultado posible, que los participantes se proponen alcanzar de manera cooperativa, pero no negociada. En este debate no se genera un ganador, sino al contrario se llega a una nueva postura.	Afectaciones al ecosistema basadas en evidencia como argumento Principio de precaución Descripción de las formas de contaminación	Estos expresaron consensos y disensos argumentando sobre la posibilidad de realizar un <i>fracking</i> responsable, así como el papel que implica una ciudadanía desde el conocimiento y apropiación de dicha cuestión Argumentan desde la exposición completa de una bancada sus posturas con respecto a la posibilidad de la implementación la implementación del <i>fracking</i> responsable en Colombia desde los ámbitos ambiental económico y social	Instrumentos de registro: Grabaciones audio y video Libreta de registro. Fotografías. Acompañamiento del experto.

3.10 Criterios para categorizar las unidades de análisis:

Tabla 6 Criterios para categorizar las unidades de análisis

Categorías	Construcción de reflexiones metacientíficas; reconocimiento de diversos intereses, políticos, económicos, éticos, y ambientales en las prácticas científicas para promover acciones sociopolíticas	Uso de conceptos y explicaciones científicas; una forma de cimentar posturas y argumentos en discusiones sobre el <i>fracking</i> para propiciar decisiones informadas	Reflexiones sobre el consenso y la toma de decisiones informadas para la participación democrática.
Algunos sustentos bibliográficos	Niveles de sofisticación 1 y 2 de Hodson (2003) Enfoque curricular Aprender sobre Ciencia Hodson (2005).	Niveles de sofisticación 1 y 3 de Hodson (2003). Enfoque curricular Aprender de Ciencia y Tecnología Hodson (2005). Toma de decisiones informadas, Henao (2008) y Acevedo (2017).	Niveles de sofisticación 3 y 4 de Hodson (2003).
Secuencias dialógicas de Kolstø (2003).			

Los enunciados de los participantes fueron seleccionados según los criterios que se presentan en esta tabla, para ubicarse posteriormente en cada una de las categorías de análisis

3.11. Categorías de análisis

Respecto a las categorías de análisis que se han planteado para facilitar y guiar el proceso de análisis Uno de los elementos básicos para tener en cuenta es la elaboración y distinción de tópicos a partir de los que se recoge y organiza la información.

Para ello distinguiremos entre categorías, que denotan un tópico en sí mismo, y las subcategorías, que detallan dicho tópico en micro aspectos. Estas categorías y subcategorías pueden ser apriorísticas, es decir, construidas antes del proceso recopilatorio de la información, o emergentes, que surgen desde el levantamiento de referenciales significativos a partir de la propia indagación. (Cisterna, 2005, p.5)

<p>Ámbito temático Uso de cuestiones Sociocientíficas para promover una formación científica y acciones sociopolíticas en los educandos: discusiones sobre la práctica del <i>fracking</i> en Colombia</p>	<p>Problema de investigación La enseñanza de las ciencias naturales se sigue abordando desde una escuela tradicional, donde se transmiten miradas de ciencia ahistórica, memorística y la creencia de que la ciencia se basa búsqueda desinteresada del bien común.</p>	<p>Pregunta de investigación ¿Cómo contribuye una propuesta pedagógica centrada en discusiones sobre la práctica del <i>fracking</i> en Colombia para promover una formación científica y acciones sociopolíticas en los educandos?</p>	<p>Objetivo General Analizar las contribuciones de una propuesta pedagógica, centrada en discusiones sobre la práctica del <i>fracking</i> en Colombia, para promover una formación científica y acciones sociopolíticas en los educando.</p>	<p>Objetivos específicos Identificar en los educandos, reflexiones metacientíficas relacionadas con el uso de conceptos y explicaciones científicas, para reconocer valores e intereses en los desarrollos científicos y tecnológicos</p>
				<p>Interpretar en los enunciados de los educandos, reflexiones en torno a la construcción social de conocimiento y su participación en procesos democráticos de toma de decisiones como sujetos políticos.</p>
				<p>Examinar la pertinencia de las actividades diseñadas para la propuesta pedagógica en relación con la formación sociopolítica en las clases de Ciencias naturales</p>

figura II Esquema general trazabilidad de las categorías

Categorías de análisis

Construcción de reflexiones metacientíficas; reconocimiento de diversos intereses, políticos, económicos, éticos, y ambientales en las prácticas científicas para promover acciones sociopolíticas

Uso de conceptos y explicaciones científicas; una forma de cimentar posturas y argumentos en discusiones sobre el *fracking* para propiciar decisiones informadas

Reflexiones sobre el consenso y la toma de decisiones informadas para la participación democrática.

3.11.1 Construcción de reflexiones metacientíficas; reconocimiento de diversos intereses políticos, económicos, éticos, y ambientales, en las prácticas científicas, para promover acciones sociopolíticas.

Para esta categoría se hizo énfasis en los enunciados que revelaban intereses desde múltiples ámbitos, que dirigen el accionar científico, lo que permitió caracterizar aquellos que se destacaban por resaltar este tipo de fenómenos. Uno de los principales intereses hallados o que subyacen tras la ciencia fueron aquellos de índole económico, dado que no es un secreto, que sistemas económicos como el capitalismo, enlazados con sistemas políticos como el neoliberal, dan primacía a este factor por encima de muchos otros

Dependiendo de la forma cómo se asume la actividad científica, este tipo de intereses pueden o no ser percibidos, dado que en muchas ocasiones la ciencia es vista como un acto desinteresado o que sólo busca el bien común, por lo que este tipo de reflexión metacientífica en particular, permite evidenciar parcialmente las miradas de ciencia que los participantes han heredado.

También se tomó en cuenta en esta categoría, los intereses políticos desde la concepción de la política como búsqueda del bien común, así como otras acepciones que la sociedad colombiana da dicho término, en este sentido el interés ambiental casi siempre surge como un interés que se opone a otros intereses, entendiendo que, en muchas ocasiones, los avances científicos causan detrimento en el ambiente. Las acciones sociopolíticas surgen entonces desde reconocimiento de los múltiples intereses tras los avances científicos

3.11.2 Uso de conceptos y explicaciones científicas; una forma de cimentar posturas y argumentos en discusiones sobre el *fracking* para propiciar decisiones informadas

Entendiendo la ciencia y la tecnología como procesos sociales, desde la anterior concepto, es necesario comprender para esta categoría, que el tipo de enunciados elegidos fueron todos aquellos en dónde se pudo interpretar que los participantes realizaron un adecuado uso de terminología científica para argumentar o reflejaban un manejo que demostrara suficiencia

Entre las características de los instrumentos que permitieron y promovieron la producción en los participantes se encuentra la inclusión de situaciones hipotéticas que permiten ponerlos en contexto, los cuales, entre otros enunciados permitieron la asociación del fracking con diferentes tipos de alteración a los ecosistemas.

3.11.3 Reflexiones sobre el consenso, disenso y la toma de decisiones informadas para la participación democrática.

Esta categoría reúne todos aquellos enunciados que privilegian la toma de decisiones de forma conjunta, como forma de construir el conocimiento

Se intentó relacionar la construcción social del conocimiento y la participación democrática con aspectos discursivos y ejercicios dialógicos que se promovieron en el aula de clase, los enunciados que permitieron interpretar este tipo de interacciones son los que engrosan dicha categoría. Se incluyen además actitudes de escucha, de respeto, el esfuerzo por argumentar, la flexibilidad intelectual entendida como la capacidad de mantenerse en una posición basándose en argumentos de peso, el reconocimiento del otro desde su subjetividad y el rescate de la pluralidad.

A continuación, y como resultado del procesos hermenéutico, a partir del análisis de los enunciados de los participantes, se presenta el capítulo de los hallazgos.

3.12 Elaboración y tratamiento de los datos

Además del registro escrito de las entrevistas, se realizó la transcripción de las grabaciones y videos, hechas durante la aplicación de las actividades, se debe tener recordar que las unidades de análisis son los enunciados que surgen en dichas actividades socioculturales. Para analizar los enunciados se realizó como técnica principal el análisis de discurso desde Selma Leitão el cual consiste en el análisis de argumentación; el argumento (punto de vista, más razones de apoyo), contraargumento (duda, objeción y/o critica direccionada al argumento) y respuesta (reacción del proponente a un argumento de la oposición emergente) (Ramírez, Souza, y Leitão, 2013).

4. Hallazgos y Discusión

4.1 Construcción de reflexiones metacientíficas; reconocimiento de diversos intereses en las prácticas científicas para promover acciones sociopolíticas

Un aspecto fundamental para la promoción del accionar sociopolítico desde la formación científica es el relacionado con la percepción de los intereses que subyacen al accionar científico, dada la cada vez más creciente utilización de la ciencia para validar toda clase de avances y desarrollos (Hodson, 2013). Cabe preguntarse y plantear dicha pregunta a los participantes, en lo que concierne a la finalidad de esa utilización, tanto para el estudio del caso puntual que se ha preparado en esta investigación, como para otros avances que a nivel tecnológico implican la necesidad de dicho análisis ¿Qué hay detrás de la implementación del *fracking* en el contexto colombiano? En esta categoría de análisis se interpretan algunos enunciados de los participantes que se constituyen en reflexiones metacientíficas en torno a las dinámicas de utilización del conocimiento, alrededor de la validación e implementación del *fracking* en Colombia.

A continuación, se presentan las interpretaciones provenientes de la lectura, comparación y discusión, de una serie de fuentes informativas sobre la controvertida técnica del *fracking* en Colombia, lo cual permitió generar en los participantes un espacio para valorar y reflexionar acerca las múltiples posturas e intereses tras la ciencia, por medio del estudio de este caso en particular.

Inicialmente es posible interpretar en los enunciados en los que coinciden este grupo de participantes, diversidad de posturas respecto a las opiniones expuestas desde una noticia de un medio nacional sobre la implementación de “un *fracking* responsable en Colombia”. Los participantes cuya postura se inclinó hacia estar en contra de la técnica, justifican sus respuestas a partir de la importancia de los humedales y en detrimento de los beneficios económicos, evidenciado en los testimonios, que nacen de la siguiente pregunta:

De los argumentos o ideas expuestos por la ministra de Minas y el Gobernador de Boyacá, ¿Con cuál estás de acuerdo y por qué? “*Estamos en desacuerdo porque unos eligieron el dinero y otros elegimos defender los humedales*” refiriéndose al gobernador de Boyacá, otro enunciado similar, “*Con la pregunta anterior estoy [...] de acuerdo con los*

argumentos e ideas que ha planteado el gobernador de Boyacá porque él si está pensando en las consecuencias que va a tener el fracking a futuro” [...]. (Sesión #2, 26-08-2019, noticia #1, pregunta 1)

Es posible interpretar que en el primer enunciado algunos participantes plantean dicotomías entre aspectos económicos y ambientales, aunque no se profundiza sobre los efectos del *fracking* en el ambiente, además es notorio que los participantes empiezan a tomar partido, guiados por las preguntas con respecto a las figuras públicas que son protagonistas en el ejercicio propuesto. Es posible también percibir una postura crítica respecto a la problemática presentada desde la demanda de objetividad, hacia la posibilidad de implementar el *fracking* y de anteponer lo económico por encima de recursos vitales como el agua. Este tipo de exigencia es resaltada desde los valores en ciencia, como una perspectiva necesaria y deseable, cuando se discuten por parte de los educandos, aspectos que representan mayor dificultad de obtención para la comunidad científica Kolstø (2001).

Siguiendo con diversas posturas iniciales, los participantes que están a favor del *fracking* lo argumentan a partir de las múltiples utilidades del petróleo y su derivados, así como sus ventajas a nivel económico, lo anterior se hace visible en los siguientes enunciados que emergen desde algunas preguntas orientadoras, surgidas durante la socialización de los diversos puntos de vista en torno a las noticias: Investigador: *¿Qué otros efectos trae el fracking?* A continuación, presentamos la respuesta, fruto de algunos consensos y disensos de los informantes

“Estamos de acuerdo con la ministra, con la técnica del fracking se pueden aumentar 19 años las reservas de gas y en 8 años las de petróleo. Colombia tiene reservas hasta el 2023, con esta reserva aumentaría, o sea que tendríamos hasta el 2042”, “Nosotros también necesitamos el petróleo ¿ella (refiriéndose a una estudiante) me dice qué para qué? y yo le digo que ella está sentada en un puesto que tiene petróleo, nosotros tenemos un tablero que tiene petróleo”. (Sesión #2, 26-08-2019, socialización de respuestas)

Es posible interpretar que tanto la importancia de los humedales a nivel ambiental como los beneficios económicos obtenidos con el *fracking*, son intereses hallados en las noticias relacionadas con esta técnica, la percepción de intereses económicos citados al inicio denota inicialmente un grado de relación con la perspectiva sociocultural de las ciencias como sistema, la cual entre otros factores como los políticos, sociales y culturales etc, está

influenciada por aspectos económicos, los cuales hacen parte de lo que hemos denominado de forma general como “intereses tras la ciencia”. es importante reconocer aquí el llamado hecho por Latour (1983) “Aún es posible rastrear cómo las ciencias suelen transformar la sociedad y redefinir de qué está hecha y cuáles son sus objetivos” (p.11).

Con respecto al reconocimiento de intereses exclusivamente económicos y la geopolítica alrededor del *fracking*, es posible encontrar que algunos participantes elaboran enunciados acerca de los intereses que algunos países tienen en torno a la técnica del *fracking* y su implementación en Colombia, así como la predominancia del factor económico como una de las motivaciones más fuertes, sino la única para realizarlo en el país.

[...] Todo esto va a ser por plata, nadie se va a beneficiar de esto, sino que por decirlo así, el que tiene poder sobre el fracking, que es Estados Unidos, entonces ahí está la cuestión, lastimosamente tenemos un gobierno tan corrupto, qué es posible que haya fracking, Estuve investigando [...] y viendo entrevistas con el director de Ecopetrol y con el director de Natugas, están a favor por plata y solamente dicen eso, sí no hacen fracking pierden por decirlo así, ganancias, personas o multinacionales que los patrocinan, entonces solamente por eso están a favor del fracking (Sesión #3, 19-09-2019, ponencia inicial, Ponencia inicial gobernadora de Boyacá).

Con esta postura bastante radical, donde incluso se acusa de corrupción al gobierno colombiano, se puede inferir una toma de actitud con respecto a la problemática que inclusive lleva a los participantes a indagar más allá del material traído a clases, a la vez que revela una interacción interesante desde el punto de vista ético. Este tipo de autonomía, así como el interés despertado por temas polémicos por sus posibles efectos ambientales, son propicios para desarrollar en las aulas un espíritu científico investigativo, que lleve a los participantes, a desarrollar un accionar sociopolítico desde la comprensión y discusión de este tipo de fenómenos, iniciando así el ejercicio de ciudadanía responsables. Además de la posibilidad de promover un espíritu científico intencionada al accionar, se puede analizar también otros aspectos inherentes referenciados desde lo que Henao y Palacio (2013) comentan como parte de los componentes de la formación en ciencias:

Dicho propósito hace referencia a una formación que no puede ser externa a la enseñanza de las ciencias, porque necesariamente implica: por un lado, una reflexión sobre el conocimiento científico y sus formas de interacción con la política, la ética y en general, con lo sociocultural; y por otro, el reconocimiento a que toda propuesta de enseñanza conlleva una formación en el ámbito de lo sociopolítico y lo axiológico. (p.4)

Adicionalmente, se puede decir que los asistentes alcanzan a reconocer intereses políticos y económicos de una actividad relacionada con la ciencia como lo es el *fracking*, al anteponer la importancia de la salud y alimentación de la población y privilegiando la protección de estas, sobre la implementación de la técnica de fracturación y sus efectos, de lo cual da cuenta el siguiente fragmento surgido como respuesta al siguiente cuestionamiento. De los argumentos o ideas expuestos por la ministra de Minas y el Gobernador de Boyacá ¿Con cuál estás de acuerdo y por qué? (contexto presentado anteriormente):

[...] “el gobierno obviamente no va a pensar en el pueblo [...] o en la población, sino que va a pensar en cuánta plata va a ganar, entonces sería a favor del gobernador de Boyacá [...] él está de acuerdo con proteger su población y también el sustento a futuro, ya sea la salud, las tierras, que son lo que les dan [...] comida”. (Sesión #2, 26-08-2019, notica #1, pregunta 1)

Es posible también captar ciertas percepciones de la gestión del Estado, con respecto al privilegio que se les dan a los aspectos económicos por encima del sustento de las poblaciones.

Continuando con este análisis, posteriormente se traen algunas reflexiones en donde se sopesan ventajas y desventajas a nivel del problema socioambiental percibidas por parte de los participantes: *“La necesidad de aumentar la economía del país es importante, pero trae consigo consecuencias enormes en diferentes ámbitos como contaminación de humedales, tierra etcétera.”* (Sesión #2, 26-08-2019, Una mirada crítica al *fracking* en Colombia, notica #1, pregunta 1)

Profundizando en la percepción por parte de los participantes de las relaciones entre las esferas política y económica, es necesario relacionar estos enunciados con algunos niveles de sofisticación desde el enfoque de un currículo para la acción (Hodson 2003), el primero de ellos implica el reconocimiento de la vinculación entre avances científicos y tecnológicos con posibles riesgos para la salud humana, el segundo destaca el reconocimiento del privilegio de los intereses particulares por encima de los intereses comunes cuando se toman decisiones en la ciencia y la tecnología, así como la preservación de la brecha en la distribución de las riquezas.

Es posible, además, ver en los tres bloques presentados anteriormente, el reconocimiento de los esfuerzos de algunos agentes estatales para el cuidado y protección

del ambiente evitando la implementación del *fracking*, aun con la confusión presente con respecto al gobernador al no diferenciarlo como otro funcionario gubernamental, además de destacar el uso de términos como el de equilibrio como una alternativa para un desarrollo sostenible. Es notorio también, que los asistentes realizan un análisis crítico a acciones y decisiones que impactan directamente la vida de las personas y el ambiente, como puede leerse en el siguiente enunciado, al preguntarles que opinan sobre la postura del Gobernador:

“Estamos de acuerdo con el gobernador Carlos Amaya porque él defiende la opinión de los campesinos sobre evitar el fracking y proteger los humedales y que sea posible el desarrollo equilibrado”. (Sesión #2, 26-08-2019, notica #1, pregunta 1)

Destacamos del enunciado anterior, términos como “desarrollo equilibrado” y el término “humedales” respecto a que su uso refleja una apropiación de léxico con significados complejos, que les permitió enunciar su intención por evitar la implementación del *fracking* y preservar así las fuentes de agua, que como sabemos es un “recurso” vital e invaluable, lo que a su vez posibilita el desarrollo equilibrado, que implique no sacrificar este compuesto valioso, por la extracción de combustibles fósiles. Este enunciado permite establecer relaciones entre las reflexiones metacientíficas con el uso del conocimiento científico, siendo posible clasificarla en cualquiera de las dos categorías.

Otra de las actividades que permitió registrar y analizar información valiosa sobre el *fracking*, fue el panel de expertos, desde allí traemos la exposición inicial del participante que asumió el rol de ministro de minas y energía el cual asumió una postura a favor del *fracking*

¡El fracking es bueno ¡¿por qué? Porque así ustedes no volverían, [...] el país no volvería a “exportar” el petróleo a otros países, sino que lo volveríamos a hacer aquí, [...] y nos dejaría más plata a nosotros, no lo volveríamos a exportar (reitera) sino que nos dejaría más ingresos a nosotros. Si por ejemplo los alcaldes los gobernadores y todo el país empiezan a ganar más plata obvio va a subir más la economía, y cuando suba más la economía nos beneficiamos todos. (Sesión #3, 19-09-2019, panelistas a favor)

A pesar de la confusión entre los términos de exportación e importación, es importante resaltar del enunciado anterior, el reconocimiento por parte de este participantes de la importancia de alcanzar autonomía energética por medio del *fracking*, así como su influencia en la economía. Este tipo de perspectivas amplían la gama con respecto a los

alcances y las intenciones de la polémica técnica en cuestión pues es importante enriquecer el debate y que dichos sustentos sean claros y fuertes. Así como los puntos que se van encontrando a favor en contra, y los matices intermedios con respecto de la problemática expuesta, dado que esto permitirá fortalecer y avanzar los argumentos que surgen en dicha discusión.

Seguidamente y con respecto al accionar sociopolítico, la siguiente pregunta permitió percibir ideas en contexto, que fueron relacionados por los participantes, con la problemática de los combustibles fósiles.

. ¿Qué ideas tiene para reemplazar las diversas funciones del petróleo, si éste se deja de extraer en Colombia?

*“Las **opciones** que podríamos tener para esto, es irnos independizando del petróleo, porque sí hay muchos derivados de este, como por ejemplo los pupitres, pero se podrían reemplazar por ejemplo con madera. Los pitillos, ya existen los que son biodegradables, que ayudan al medio ambiente, también el papel de bambú. (Sesión #3, 19-09-2019, preguntas desde el público, panelistas a en contra)*

¿Y los carros, la gasolina cómo van a hacer?

Acá en San Pedro, por ejemplo, con todas las cáscaras y materia orgánica, se podría generar biogás. también podría ser la energía solar, otra idea sería reutilizar el agua cuando lavamos los platos y pasarla a las plantas. También reciclar para evitar el uso del petróleo, aunque no se puede quitar del todo, pero sí se puede bajar su consumo, pero también todo no tiene que ser dependencia de petróleo. (Sesión #3, 19-09-2019, preguntas desde el público, panelistas a favor)

Los participantes relacionan y proponen estrategias en contexto que implican alternativas de solución para las múltiples problemáticas derivadas del uso de combustibles fósiles en la sociedad, siendo un ejemplo de acción política de los y las jóvenes, la cual cuenta cómo. “Una acción creativa que busca reconfigurar tanto los órdenes institucionales (familiar, escolar, social) como los discursos sobre ellos” (Alvarado, Ospina, Botero, & Muñoz, 2008, p.14).

Sopesar los beneficios y desventajas que puede conllevar la implementación de la técnica de fracturación hidráulica, es parte de lo que implica el desarrollo del criterio para ejercer ciudadanías responsables, entendiendo aquí el termino de flexibilidad intelectual, no como la contraparte que flaquea ante un argumento sin peso, sino como como una postura que es capaz de reconocer que en una problemática coexisten más de dos posturas, ayudando a superar la visión dicotómica que polariza y muchas veces no permite discernir una solución

óptima para los problemas que se presentan en la cotidianidad. Está concebida flexibilidad intelectual o disponibilidad al cambio, es indispensable para el concepto de racionalidad, que, junto a elementos y herramientas tecnológicas y conceptuales, la invención de explicaciones, preguntas y problemas, posibilitan la transformación permanente de la ciencia como cultura. (Henaó & Stipcich, 2008).

En esta ocasión y aun desde el “panel de expertos”, tratamos de interpretar la postura de la joven que asumió el rol de Bióloga en contra del *fracking* en su exposición.

“[...] Entonces ahí podemos ver que el fracking está [...] perjudicando a los campesinos y muchas personas no toman en cuenta eso, lo que puede o no hacer el fracking, porque hace muchas cosas buenas como la economía, pero a la vez está haciendo cosas malas con los campesinos, con nuestra salud más que todo” (Sesión #3, 19-09-2019, Panel de expertos: Ponencia inicial, Bióloga)

Aunque el aspecto disciplinar se ha querido tratar de forma separada, para darle un protagonismo necesario, es posible encontrar ciertos componentes teóricos en este tipo de enunciados, pues se hace necesario usarlos para argumentar por parte de los panelistas que asumieron diferentes roles, en este caso en particular de forma general se alude a la pérdida de la salud y su relación con la implementación del *fracking*, esta misma participante comenta de forma más detallada dicha relación:

“Usted no está tomando en cuenta los campesinos y agricultores, porque al hacer el fracking afecta mucho el suelo y los acuíferos ¿entonces qué pasaría ahí?, ellos ya no tendrían la manera de darle de comer a su familia cada día, porque al dañar eso ya no podrían consumir [...] porque cómo han dicho, dan muchas enfermedades” (Sesión #3, 19-09-2019, ponencia inicial, Bióloga)

Para brindar contexto a esta afirmación, debemos considerar que esta es una interpelación que la participante hace al participante que representa al ministro de ambiente quien, estando a favor del *fracking*, comenta acerca de las ventajas económicas de hacer *fracking* para Colombia. Respecto a las enfermedades a las que hace alusión son posiblemente el cáncer y las enfermedades en el sistema nervioso y endocrino expuestas por las participantes que asumieron los roles de líder social y gobernadora de Boyacá respectivamente. Testimonios que por su contenido se ubicaron en la próxima categoría a analizar.

Así mismo traemos a discusión un indicio sobre la posible valoración de la diversidad como recurso y oportunidad, ante la economía extractiva propuesta por multinacionales. Esta vez, desde la ponencia sobre el rol de la Bióloga y su postura sobre el *fracking*:

“Yo pienso también que Colombia como es un país tan biodiverso no solamente va a depender del fracking. Otra cosa, el fracking lo están trayendo es multinacionales del extranjero no nosotros, y los que patrocinan esos son los extranjeros no nosotros, los que se benefician son ellos, nos perjudicamos somos nosotros, entonces al ser un país tan biodiverso tenemos más oportunidades, en ganadería en agricultura en artesanías, no solamente es economía petrolera” (Sesión #3, 19-09-2019, ponencia inicial, Bióloga).

Existe un consenso general con respecto a la importancia de valorar nuestra riqueza y biodiversidad como principal herramienta para reducir la brecha económica, (existente entre riqueza y pobreza extrema) y su potencial para hacer de Colombia un país con mayores oportunidades, es un aspecto muy destacable entonces, que este tipo de herramientas permitan a los educandos la percepción de dicho potencial. Se hacen cada vez más relevantes los espacios que permitan la construcción social del conocimiento, así como.

la construcción de la realidad a través del hecho, en el cual participan todos los actores en el proceso, y en donde los espacios donde se desenvuelve dicho proceso son impredecibles. Todo hecho se construye en la manera en que se crea consenso. (Latour, 1992, p.12)

Otro enunciado relacionado con el anterior permite comprender de mejor forma la relación que se quiere resaltar, esta vez desde el debate crítico, en las exposiciones finales

“A nivel económico, si se puede exportar el petróleo de las extracciones que se hagan acá en Colombia, pero se nos olvida algo, yo creo que podemos seguir aprovechándonos el oro, de las esmeraldas, podemos seguir aprovechando las flores, el café, con eso también generamos más empleos que los que hacemos con el fracking” (Sesión #4, 27-09-2019, Debate crítico, exposición de tesis finales)

(Texto en negrilla fue insertado, modificando la estructura gramatical de algunos enunciados para facilitar su entendimiento)

Es posible entender desde los siguientes enunciados cómo algunos participantes perciben el *fracking* como un método extractivo ajeno, traído desde empresas que buscan lucrarse trayendo perjuicios para las personas que habitan este país, así mismo proponen alternativas que puedan, según ellos, generar y compensar la economía que se busca

favorecer con la implementación de esta polémica técnica, sin ignorar que algunos imaginarios como el de la ganadería puede también ser nocivos para el ambiente. Lo que demuestra que este proceso de discusión permite hallar falencias en sus argumentos, que pueden ser abordados posteriormente o ser incluidos en las temáticas curriculares o inclusive como próximas CSC a tratar, en el segundo enunciado de este bloque de análisis es posible además resaltar como se analizan aspectos socioeconómicos, como el empleo y su incidencia en la aplicación o no de la técnica, y la búsqueda de alternativas económicas.

Continuando con enunciados nacidos desde la actividad nominada como “panel de expertos” esta actividad, además de crear un espacio para las ponencias de diferentes agentes en torno a la problemática seleccionada, permitió la participación del público con preguntas, lo que brindo un espacio dialógico que posibilita la argumentación y el afianzamiento de algunas ideas planteadas por los panelistas. Analicemos ahora una de las preguntas desde el público ¿Por qué si los políticos son los únicos que ganan plata, algunos campesinos están de acuerdo con hacer *fracking*?

“Pues, pensaría yo, que los campesinos que están a favor, eh, pues les están dando, no sé, planes a corta distancia y no a larga distancia. ¿Qué pasa en este país? Es lo mismo, con las campañas presidenciales o para elecciones de Gobernador; prometen y prometen, y cuando hacen el daño no se hacen responsables, entonces ¿qué podría pasar ahí? Le están prometiendo a esas personas que les van a hacer fracking, pero no le están dando los riesgos de lo que pueda pasar a futuro con sus cultivos, entonces esos campesinos están dando a entender que va a ser a corto plazo y que sí los va a beneficiar, pero en realidad no va a pasar eso” (Sesión #3, 19-09-2019, preguntas desde el público, Panelistas en contra)

Aquí, se puede interpretar que: omitir los riesgos documentados sobre el *fracking*, para poder realizarlo, es un ejemplo claro de mal uso de la información por omisión y tiene que ver con el derecho de una comunidad a estar informado, poder detectar este tipo de mecanismos, usualmente llevados a cabo por organismos gubernamentales en detrimento de los habitantes de los sectores donde se va a implementar el *fracking*, permite comprender la complejidad de lo que está en juego. De aquí la necesidad de formar en ciudadanía, sobre los efectos cada vez más notorios de los modelos económicos extractivos, propios de esquemas de desarrollo de países pertenecientes a la periferia. Esto responde en parte al llamado hecho por algunos autores, hacia empresas y fundaciones a que asumen con responsabilidad el

cuidado, la conservación y el fomento del entorno natural, buscando así la protección y el equilibrio entre los ámbitos económico, social y ambiental. (Cortina, 2007)

Para finalizar esta categoría de análisis, es importante resaltar como algunos participantes detectan la implementación de técnicas extractivas sin la realización de evaluaciones de impacto ambiental, o con estudios traídos desde otros lugares como se comenta a continuación:

“los estudios que se hicieron para hacer fracking en Colombia, ni siquiera fueron hechos acá, entonces la pregunta que nosotros nos hacemos es, si estas medidas son necesarias, sabiendo que las normas que tenemos acá en Colombia no son basados en estudios que se hicieron acá, son basadas en estudios hechos en EEUU, eso es como muy ilógico, porque en EEUU la geología es diferente y poco estudiada, además de esto, en Estados unidos se puede encontrar fuentes hídricas a 400 mil metros (400m), en cambio en Colombia a 1500 m aun podemos encontrar agua subterránea”(Sesión #3, 19-09-2019, ponencia inicial, líder social)

Proveniente de la intervención de la líder social, este anunciado permite desarrollar una idea con respecto a la exposición de esta participante respecto a la invalidez de contextos para legitimar y sustentar desde algunos modelos de ciencia explicativa las explotaciones de *fracking* en Colombia, dicha reflexión concuerda y es acorde con lo denominado como contextos de verificación por (Kolstø, 2001). Esto da a pie para pensar que es posible promover el criterio y el pensamiento crítico al plantear, en una secuencia lógica, los talleres e instrumentos planteados. Sea esta una oportunidad para dar pie a la próxima categoría al relacionar los indicios de reflexiones metacientíficas con el uso de explicaciones y conceptos científicos para la toma de decisiones informadas.

4.2 Uso de conceptos y explicaciones científicas; una forma de cimentar posturas y argumentos para propiciar decisiones informadas

Las actividades en el aula clase encaminadas a la comprensión de lectura, el desarrollo de posturas críticas, el ejercicio de la democracia y la crítica de fuentes, entre otros, son componentes fundamentales para aprender a tomar decisiones informadas desde la argumentación en el aula de clases de ciencias naturales, puesto que promueven la formación de ciudadanías con herramientas que les permiten a los educandos, indagar sobre aspectos tales como posibles causas y consecuencias de múltiples problemáticas como el deterioro ambiental, y obrar en consecuencia. Por este motivo en el presente trabajo nos unimos al llamado a la acción, compartido por Hodson y Moreira (citados por Romero et al 2013). Los cuales piden distanciarse de prácticas hegemónicas que privilegian el dogmatismo en la enseñanza de las ciencias y transitar hacia la apropiación del saber científico y otros saberes, así como su uso crítico, fomentando con esta intención la argumentación y el accionar sociopolítico desde los procesos de enseñanza y aprendizaje

Esta categoría tiene como propósito analizar y reflexionar sobre el uso y la apropiación de conceptos científicos cuando se abarcan desde las cuestiones Sociocientíficas, haciendo énfasis en que, si bien abordamos las ciencias desde una mirada social, esto no implica dejar a un lado el uso y la comprensión de términos correspondientes a las disciplinas propias a las ciencias naturales. Esta categoría está intencionada por medio de diversidad de instrumentos, al análisis y la comprensión de la apropiación de conceptos y explicaciones científicas. La ciudadanía informada es una de las aspiraciones de la formación que se propone en este trabajo desde las ciencias, esa ciudadanía informada implica la comprensión de algunos conceptos que revisten cierto nivel de complejidad, entorno a multiplicidad de problemáticas relacionados con avances científicos y tecnológicos recientes, es posible que una ciudadanía informada intervenga y vigile las consecuencias de ciertos avances en los cuales, y en muchas ocasiones, una especie de analfabetismo científico no permite su entendimiento, acceso o comprensión, y mucho menos su regulación o prohibición.

En consonancia con lo anterior, para el análisis y la interpretación de esta categoría se han seleccionado enunciados que permiten evidenciar intencionalidad desde el uso de

conceptos disciplinares en el proceso de argumentación, detectando así elementos que faciliten la formación de criterio para la toma de decisiones informadas. En este sentido es importante resaltar la ética como formación del carácter, concepto desde donde se convoca para entender de forma progresiva los conceptos de ética, ciudadanía y modernidad. Al respecto Cortina (2003) afirma:

La palabra *ethos* viene del griego y quiere decir “carácter”. Y así, nos estamos dando cuenta, poco a poco, que lo más importante para una sociedad es el carácter de las personas que la componen, el carácter de sus organizaciones, el carácter de un pueblo. De hecho, la filosofía, en su dimensión ética, desde el comienzo se fue ocupando de la forja del carácter, y sabemos que son importantes las leyes, que es importante la legalidad, pero que lo más importante para una sociedad es la forja del carácter de sus personas, de sus organizaciones y de su pueblo. Forjar el carácter es siempre una apuesta, y no una apuesta a corto plazo, sino a medio y largo plazo; las leyes pueden crearse e incumplirse, lo que realmente es una verdadera apuesta de futuro es la creación, la forja, de un buen carácter, de las personas, de las organizaciones y de los pueblos. (p. 5)

Para facilitar el proceso de interpretación que se da en esta fase, se nombran los instrumentos, que fueron aplicados en cuatro sesiones. El primero de ellos se nombró “Pongámonos De Acuerdo Con El *Fracking*”, posteriormente se aplicó la sesión dos titulada “Una Mirada Crítica Al *Fracking* En Colombia, el tercer instrumento en ser implementado fue denominado como “Panel De Expertos” y por último el “Debate Crítico”.

A continuación, presentamos la respuesta fruto de algunos consensos y disensos de los informantes ante la siguiente situación planteada por el investigador:

En un pozo de explotación de *fracking*, se ha notado una fuga de sustancias químicas, que al parecer está relacionado con el deterioro en la salud de los pobladores. Los participantes comentan sobre posibles causas y consecuencias planteadas de forma indirecta, ellos expresan, en el siguiente enunciado, la existencia de una relación entre la contaminación de fuentes hídricas con la extracción petrolífera por *fracking*. ¿Cuáles son las posibles causas de la situación antes expuesta, esto es la contaminación de fuentes hídricas? ellos responden: “determinar la salud de los pobladores, el daño al ambiente, el aire, el agua y la tierra”. Cabe resaltar que, aunque dicho grupo de participantes no diferencia entre las causas y consecuencias en dicha situación, sí reconocen la posible afectación que puede traer en

diversos medios ambientales la práctica del *fracking*. (Sesión #1, 19-07-2019, situación 1 y 2).

Partiendo desde situaciones hipotéticas donde se exponen a los participantes, algunas afectaciones a nivel del sustento alimentario (situaciones hipotéticas posibles), buscando que ellos las relacionen con los procesos de extracción de *fracking*, los participantes realizan mayor esfuerzo por describir algunas causas desde sus enunciados, sobre la manera como dicha técnica en cuestión puede generar contaminación, como parte de los procesos de conducción de fluidos:

La contaminación del agua por la realización de fracking, producido por la mezcla de sustancias químicas que fluyen por las tuberías, causando que se deterioren, [...] lo que provoca que esas sustancias se extiendan por el agua. (Sesión #1, 19-07-2019, situación 1 y 2).

(Texto en negrilla fue insertado, modificando la estructura gramatical de algunos enunciados para facilitar su entendimiento)

Posteriormente, al preguntar por las principales consecuencias de la implementación del *fracking*, los participantes no solo enuncian más efectos como “*sismos, el desperdicio de humedales, problemas de salud pública*”, sino que además describen de forma cada vez más puntual aspectos relacionados con la salud humana “*daños respiratorios y neurológicos por contaminación de los humedales con sustancias químicas*” (Sesión #2, 26-08-2019, Una mirada crítica al *fracking* en Colombia, noticia #2, pregunta 7).

Es importante resaltar como se van relacionando cada vez más aspectos disciplinares entre sí, así como el rol que juegan desde las causas y las consecuencias a que conllevan, esto coincide con lo expuesto por Domènech, & Márquez, (2013):

Se dice que CSC son vehículos, no solo para aumentar el interés de los estudiantes en la ciencia, sino también para promulgar prácticas científicas y [...] fortalecer habilidades genéricas tales como trabajo en equipo, resolución de problemas o alfabetización mediática. (p.2)

Con respecto a la explicación de fenómenos químicos, se traen los siguientes aportes de los participantes, que surgen a partir de la lectura que se presenta a continuación sobre algunas las sustancias químicas usadas para la fracturación hidráulica.

El gran daño del *fracking* a Colombia. (2019): “[...] Se ha logrado determinar **daños sensoriales, respiratorios y neurológicos** por el consumo de agua contaminada con **sustancias** como **Plomo, Mercurio, Radio, Formol, Ácido Hidroclórico**, (entre otros productos químicos). No obstante, esa es la composición que entra a los pozos, el agua de desecho está aún más contaminada, pues es una **mezcla de metales pesados, hidrocarburos y hasta materiales radiactivos** presentes en el **subsuelo** [...]. (p.2)”

Se les pide a los participantes que interpreten el significado del término mezcla en anterior texto a lo que ellos responden:

“Quiere decirnos que están contaminando nuestros humedales con diferentes sustancias y elementos, por ejemplo: los humedales son contaminados con metales pesados, hidrocarburos y hasta materiales radiactivos presentes en el subsuelo, es tanta la contaminación [...] que no se puede volver a reusar”. (Sesión #2, 26-08-2019, Una mirada crítica al *fracking* en Colombia, noticia #2, pregunta 7).

Se puede evidenciar cómo los estudiantes hacen uso de expresiones disciplinares relacionadas con las propiedades químicas de algunas sustancias y las ponen en contexto para explicar las causas del deterioro ambiental, resaltando dicho fenómeno de forma particular en el recurso hídrico y su uso

Ha medida que avanzamos en la aplicación de instrumentos se hace cada vez más notorio, el surgimiento de lo que se ha denominado apropiación de conceptos, como se puede leer en la opinión expresada por una participante, que asume el rol de un líder social en el instrumento denominado panel de expertos:

[...] el fracking es la técnica para extraer gas y petróleo de lugares donde antes no se podía [...] para esto se debe perforar casi 2 kilómetros hacia abajo y 3 [...], de lado, luego se inyecta el agua con arena, [...] para solucionar la fricción, decidieron [...] hacer un cóctel de químicos [...] demasiado contaminantes, se mezcla todo para eliminar la fricción y que pueda salir el fracking [...] con presión, para esto se hace una tubería y a los lados se agrega cemento, pero estos sería una solución de corto plazo porque no [...] tenemos certeza de que esto después pueda tener fracturas, [...], se estima que del 15% al 80% de los químicos y el agua que se inyectan, siendo muy positivos sólo el 20% regresa, y el resto se filtra de alguna manera (Sesión #3, 19-09-2019, , exposición de líder social)

Como se puede apreciar, la participante hace uso de los elementos disciplinares aprendidos en sesiones anteriores para explicar los procesos por los cuales el agua se contamina, además estos elementos son implementados para darle peso a su intervención y

énfasis al cerrar su intervención deja prever el manejo idóneo de la información y la intención de persuadir un público a entender la problemática como puede apreciarse a continuación:

Entonces imagínese si (existe) el 80 % de probabilidad que se quede (refiriéndose al agua usada) puede contaminar fuentes hídricas, [...] y el agua que se inyecta es entre 10 y 15 millones de litros, el agua se devuelve aún más contaminada y ya no se puede tratar, ya no se puede hacer nada con esto, [...] 15 millones de litros de agua que ya no sirven para nada. (Sesión #3, 19-09-2019. Exposición de líder social)

Cabe anotar que, el anterior enunciado sirve como ejemplo de una actitud suficientemente argumentada, a la luz de la categoría de análisis, cuyo principal finalidad es la de poner en evidencia el uso de conceptos y explicaciones científicas, para cimentar posturas argumentadas, esto permite afianzar en cierto sentido la utilidad de ciertas actividades, en la etapa de instrumentación, como medios para movilizar y motivar en los educandos, la toma de posturas hacia ciertas problemáticas comunes, que permitan su actuación como ciudadanías informadas. Dicha enunciado concuerda con lo expuesto por Garritz y Zenteno (2010):

Los problemas socio-científicos están sujetos a debate desde diferentes perspectivas y pueden proponerse diversas soluciones en donde el razonamiento de los estudiantes juega un papel fundamental. Estos problemas plantean dilemas sociales asociados a conceptos, procedimientos o tecnologías científicas en donde el estudiante deberá valorar causas, consecuencias, ventajas y desventajas, pros y contras de la posición que asumirá. (p.3)

Con respecto a los procesos argumentativos, algunas preguntas dirigidas a analizar los procesos de apropiación de conceptos en los participantes permiten hallar uso y relaciones entre conceptos. Esto es palpable en la siguiente respuesta a la pregunta sobre la percepción de los efectos perjudiciales del *fracking* para la salud, desde algunos medios de comunicación ¿Porque los medios de comunicación establecen que el *fracking* es perjudicial para la salud?

*Es perjudicial para la salud por (que) hay ciertos químicos radiactivos [...] y obviamente no van a ser reutilizables, entonces al tener una contaminación [...] atmosférica nos contaminamos nosotros también **por** medio del aire y también por medio de los humedales que ya están contaminados, porque como **según** la ciencia somos 70% agua, entonces al tener agua contaminada, y que esté por ejemplo*

diluyéndose dentro de nuestro organismo, lo que está haciendo [...] es afectando los sistemas más importantes [...](Sesión #3 19-09-2019, preguntas desde el público)

En el anterior enunciado la participante relaciona aspectos ambientales como la contaminación de diferentes medios, y sus efectos para la salud humana, lo que implica alguna correlación entre la problemática presentada y su entorno próximo, este tipo de saberes desde sus propios entornos, son necesarios para lograr la percepción de una ciencia en contexto, que trate problemas que afecten directamente a la comunidad, y les permita entre varias posibilidades, un accionar orientado al autocuidado. Este tipo de cuestiones, además de contribuir a apropiarse del modo en que trabajan los científicos, permite asumir roles propios de la sociedad en que se está inmerso, siendo esto especialmente útil como ejercicio dialógico en donde los participantes pueden exponer, como en este caso, una serie de explicaciones que les permiten a su vez prepararse para enfrentar diversidad de problemáticas (Solbes & Torres, 2012).

La apropiación de expresiones y conceptos disciplinares, también se evidencia cuando los participantes argumentan sobre los métodos de purificación para recuperar el agua contaminada, estos argumentos se desencadenan en la actividad del debate crítico cuando el público realiza la siguiente pregunta *¿Qué propuestas tiene para recuperar las fuentes hídricas y tierras que ya han sido contaminadas si se llegara a prohibir completamente el fracking?*, frente a la cual un participante expresa lo siguiente

[...]Para recuperarla necesitaríamos, tanto usar más agua, como [...] químicos. Aquí voy con el mismo argumento de mi compañero [...], ¿por qué no hacer experimentos sobre agua contaminada y agua sana? En grados superiores, [...] los ponen a coger agua súper sucia, les toca traer algodón, piedras y otro tipo de cosas, o sea, echamos el agua, hacemos el experimento y el agua va a salir limpia y filtrada. Para limpiar el agua se pueden utilizar dos métodos muy sencillos, una: detener el fracking un momento o cambiar el fracking y empezar a utilizarlo, no solamente en el Cesar, sino en diferentes partes de Colombia que sean buenas y que nos beneficie a todos. (Sesión #3 19-09-2019, respuestas a preguntas del público, ministro de minas y energía)

Mientras los participantes que asumieron sus roles a favor de la extracción no convencional tratan de encontrar alternativas de purificación para el agua contaminada en dicho proceso, proponiendo el uso de métodos sencillos de separación de mezclas, alternativas que implican una búsqueda de soluciones proactiva sin ser necesariamente correcta o útil, las panelistas que asumieron su rol en contra de la implementación demuestran

posturas en contra de las posibles soluciones. *“Pues, no sé si lo habíamos explicado bien, pero los daños que causa la práctica del fracking son irreversibles, no se puede hacer.”* (Sesión #3 19-09-2019, Panel de expertos: consensos y disensos sobre el *fracking* en Colombia, respuestas a preguntas del público, gobernadora de Boyacá)

En esta misma pregunta la participante que asumió el rol de Gobernadora comenta, además, sobre la dificultad existente para percibir el impacto de las explotaciones en cuestión, en donde el daño solo es perceptible cuando ya se ha contaminado la fuente hídrica. Cabe destacar como este tipo de juego de roles permite que los participantes al asumir sus respectivos papel, profundicen con respecto a las problemáticas planteadas, lo que permite afianzar sus conocimientos y poner a prueba los argumentos en juego, privilegiando de esta forma su participación en las controversias. Esto es acorde con lo encontrado por Garritz y Zenteno (2010) en estudios semejantes y respecto a la implementación de secuencias dialógicas desde el enfoque CTS, estas mejoran el proceso de enseñanza-aprendizaje al enfatizar las “bisagras” entre contenidos conceptuales y CSC involucrados, resultando en aprendizajes más atractivos, en contexto y sin necesidad de ser una sobrecarga curricular.

Dicho ejercicio también posibilita la formación de ciudadanías informadas que rebasen el apoyo de sus argumentos a la utilización de premisas desde la ciencia terminada. *“Y también otra cosa, uno se daría cuenta de que tiene problemas cuando hay filtración, y después de la filtración, ya contamina otras partes y ya, se queda el daño.”* (Sesión #3 19-09-2019, Panel de expertos: consensos y disensos sobre el *fracking* en Colombia, preguntas desde el público)

Es posible hallar en el anterior enunciado dos principios que cobran relevancia, cuando se estudian y delimitan factores en la construcción del conocimiento, los valores en la ciencia y el principio de precaución, el primero de ellos en este contexto quiere hacer alusión según la interpretación del investigador, a la suspensión de creencias que los científicos deben usar para aplazar las decisiones hasta presentar suficiente evidencia, (Kolstø, 2001). El segundo caso plantea un dilema, pues es posible como describe la participante, que los daños al ecosistema sean solo evaluables posteriormente a la intervención, lo que implicaría daños irreversibles.

A continuación, se presentan fragmentos de enunciados de los participantes en la discusión final, donde fue posible percibir el uso de terminología científica para explicar las consecuencias alrededor de la posible contaminación de los humedales con contaminantes provenientes de la explotación petrolífera en cuestión. Estos enunciados fueron generados en medio de la actividad del debate crítico cuando se presentaban posturas informadas a favor o en contra de la implementación de *fracking* responsable

” [...]Entonces al momento de utilizar el agua y comprometer prácticamente el ambiente y la sociedad [...] hay una incidencia 25% que causa cáncer y malformaciones genéticas en personas, más que todo en embarazadas, un 37% que afecta el sistema endocrino, un 40% que da alergias en la piel y un 50% daños del sistema nervioso “(Sesión #4, 27-09-2019, debate cerrado último argumento bancada en contra)

En el anterior párrafo podemos analizar varios aspectos, uno de ellos es la posibilidad de la propuesta pedagógica como herramienta para la apropiación de conceptos, esta vez desde la Biología, a través de reflexiones metacientíficas, además de enfatizar en que estos datos son expuestos por los participantes durante un debate abierto, como argumentos en contra del *fracking*, esto posiblemente vaya más allá de un ejercicio meramente representativo, convirtiéndose en un espacio donde los jóvenes debaten aspectos que puedan afectarles a futuro, y donde la formación del criterio les permita tomar decisiones informadas aplicables al contexto real

En la organización del debate crítico, aparece el cierre del debate como la última de tres partes, donde las bancadas protagonista y antagonista de la tesis inicial realizan la exposición final de sus posturas, en la cual se les pide tener en cuenta los argumentos que ambos equipos han expuesto hasta ahora, además de elaborar una postura final.

Antagonistas “Desde lo ambiental empezamos por el aire, las fosas donde se hace fraccionamiento se dejan a cielo abierto para que los gases se evaporen, en la última fase del proceso cuando se extrae el petróleo y el gas, quedan componentes como el metano, el dióxido de carbono y metales pesados, que generan problemas en la salud de todos los seres vivos incluidos animales personas y plantas, en el agua y el suelo [...] se puede filtrar el agua utilizada para el fracking haciendo que se vaya para los humedales, tierras fértiles y perjudicando plantas y animales. En lo económico el empleo se generan muchos empleos, pero a la vez mucho desempleo porque la contaminación que genera perjudica y deja sin empleo a muchas personas que viven del cultivo la ganadería y la pesca entre otros”.

Protagonistas: *“Desde lo ambiental vamos a tratar de implementar el principio de precaución. Tener en cuenta que la economía se podría elevar demasiado con esta implementación y podríamos empezar a exportar petróleo a otros países, en la social tener en cuenta más a la población, no hacer esto sin el consentimiento de ella, sin contemplar lo que piensan y la verdad llegamos como a una parte donde aceptamos que hay que mantener un equilibrio sobre esto,[...] tener como más conciencia a la hora de hacer esto y tomar algunos puntos de los que usted dijeron a la hora de hacer esto,[...]tratar de mantener un equilibrio” (Sesión #4, 27-09-2019, exposición de tesis finales)*

Cabe especificar como parte del debate, el pedido a la bancada protagonista sobre defender la siguiente tesis inicial: «Es posible la implementación la implementación del *fracking* responsable en Colombia desde los ámbitos ambiental económico y social». Así mismo la bancada antagonista debe tratar de ofrecer argumentos razonables a su favor, evaluar la tesis de la contraparte, criticarla, y tratar de persuadirla de los méritos de la tesis propia, el anterior párrafo concentra el esfuerzo de las dos bancadas, sus representantes traen a colación múltiples problemáticas que surgieron a través de todas las discusiones presentadas en las diferentes sesiones y traídas al aula de clase por medio de múltiples actividades, argumentos e ideas sostenidas en estudios científicos y opiniones de importantes e influyentes medios de comunicación, Que permiten plantear este tipo de propuestas, como alternativas para generar conciencia ciudadana desde las clases de ciencias.

4.3 Reflexiones sobre el consenso, disenso y la toma de decisiones informadas para la participación democrática

Un aspecto fundamental para la formación sociopolítica y la construcción de conocimiento científico, son los aspectos relacionados con los disensos y consensos para la toma de decisiones. En esta categoría de análisis se interpretan algunos enunciados de los participantes, que se constituyen en reflexiones en torno a la construcción social de conocimiento y el reconocimiento de la participación en procesos democráticos desde la toma de decisiones como sujetos políticos, alrededor de la implementación del *fracking* en Colombia.

Uno de los temas que revisten gran importancia en esta investigación, es el de la necesidad de ciudadanías informadas para una democracia participativa por parte de los participantes, puesto que es este acto educativo quien puede dar sentido a la promoción de ciudadanías desde las clases de ciencias. Para ayudarnos a entender este proceso, usaremos la concepción de desplazamiento como aquella estrategia usada para movilizar consensos, desde la actividad científica, hacia posturas más enteradas, en este caso hacia la problemática del *fracking* en Colombia, que nos permita hablar de la posibilidad de fomentar este tipo de ciudadanías (Latour, 1983).

Cabe resaltar que, al inicio de esta investigación, el termino *fracking* era un concepto casi totalmente desconocido para sus participantes, y que es precisamente gracias a este desplazamiento que dichos participantes terminan discutiendo en un debate nutrido acerca de multiplicidad de aspectos, hasta hace pocos días inexistentes, permitiendo la consolidación de intereses y la movilización de consensos. Convirtiendo así el aula de clases, en un laboratorio donde fue posible traer para su estudio la técnica de fracturación hidráulica.

El siguiente es un fragmento donde se esboza dicho proceso, en él se presenta una conversación entre el investigador y una participante, el contexto corresponde a la socialización de respuestas a situaciones hipotéticas que revisten posibles consecuencias a nivel ambiental y/o económico, cuyas causas se asocian con la explotación por fractura hidráulica, la participante reclama el papel para el cual son elegidos los representantes

políticos y a su vez asume la necesidad de informarse para elegir a quien le va a representar, lo que puede interpretarse como parte del proceso como ciudadanos.

¿Quiénes creen ustedes que son los interesados en sacar petróleo, los mismos campesinos? A lo que la participante responde: *Los políticos*

¿Los políticos que nosotros mismos elegimos?, ¿No hay algo ahí al revés?

“Debería ser para que nos ayuden [...] Entonces ahí sería más de conciencia de nosotros al votar sobre lo que va a pasar en nuestro país, ya que supuestamente somos nosotros los que decidimos ¿supuestamente? “Pues o si lo decidimos, pero no sabemos pensar bien las consecuencias que va a traer eso” (Sesión #1, 19-07-2019, pongámonos de acuerdo sobre el *fracking*, situación 1 y 2)

Cabe resaltar, además, la forma de asumir el propio desarrollo de la conciencia como ciudadanos, el solo hecho de mencionarlo, crea y fortalece espacios de construcción de ciudadanías.

Es de carácter importante señalar el papel que desarrolla la persona identificada hoy bajo el concepto de subjetividad (aún en formación) dentro del impulso normal de la democracia. Así, el compromiso del sujeto relacionado con identificar propuestas que impactan favoreciendo o no su bienestar y el de su comunidad al parecer es el punto de partida de su movilización. (Guevara, Niño, González, & Reyes, 2016, p.79)

Esta postura de algunos participantes se continuó evidenciando en las respuestas escritas a las preguntas abiertas, correspondientes a la sesión mencionada anteriormente, en la parte de la charla de un experto, ¿Consideras que como ciudadano de este mundo te ha correspondido asumir posturas y tomar adecuadas decisiones informadas? Cuya respuesta fue: *“sí porque como ciudadanos tenemos que apoyar lo que es correcto para que compañías multinacionales corruptas no dañen el único planeta en el que vivimos”*, otra pregunta ¿Piensas que los conocimientos sobre Ciencias Naturales Y Sociales pueden ayudar en la toma de decisiones responsables? ellos respondieron: *“sí, porque es nuestro deber saber sobre los problemas actuales del mundo, cómo cuidamos el mundo, debemos saber informarnos y tener una opinión propia”*

Estos argumentos se pueden interpretar como una preocupación por las consecuencias adversas que trae consigo la técnica del *fracking* y su relación con la economía global y el

deseo manifiesto de tomar acciones correctivas que salvaguarden el ambiente tras la adecuada información y la construcción de ideas propias.

Los participantes parecen conscientes del papel de la ciudadanía y de la necesidad de un conocimiento a profundidad de la problemática, para que las acciones que se tomen estén fundadas, además se hace cada vez más notorio el reconocimiento que hacen los participantes de su propio rol como ciudadanos y del papel que juega la información en dicha ciudadanía, se percibe también una inclinación axiológica al hablar de lo “correcto” en relación con la formación del criterio, componente importante cuando se entiende la ética desde el criterio para la toma de decisiones. Cabe resaltar hasta ahora como las diversas preguntas, actividades y orientaciones movilizan esta clase de respuestas, acorde a la intencionalidad que siempre debe acompañar este tipo de procesos de aprendizaje. Este hallazgo, así como otros enunciados posteriores, están en sintonía con el nivel 3 de sofisticación planteado por Hodson (2013) el cual comenta al respecto.

Si nos proponemos preparar estudiantes para que puedan afrontar racional, diligente, tolerante y moralmente cuestiones controversiales, necesitamos asegurarnos que tengan el conocimiento, las habilidades, las actitudes y la confianza para examinar diversos puntos de vista, analizarlos y evaluarlos; reconocer inconsistencias, contradicciones y deficiencias; arribar a sus propias conclusiones; argumentar sus opiniones coherente y persuasivamente; usarlas para tomar decisiones respecto de qué es correcto, bueno y justo en determinados contextos y situaciones. (p.8)

Los argumentos de los participantes se continúan fortaleciendo a medida que se avanza en las sesiones, por ejemplo, al pedirles que escriban un comentario extra en la parte inicial, (caracterización de la población 16-08-2019), la participante responde “*Creo que sería que las personas deberían estar más informadas sobre lo que pase en su pueblo/ ciudad/ departamento/ país/ región, porque puede llegar a beneficiarlos o a perjudicarlos, y piensen alzar su voz si están en pro o en contra*”, se puede interpretar que incluso esta participante reconoce la necesidad de la información a la hora de protestar, lo que concuerda con la posibilidad de relacionar desarrollos científicos y tecnológicos con aspectos sociopolíticos, como se comenta también en el siguiente enunciado, el cual se da posteriormente a un comentario sobre el uso y contaminación de millones de litros de agua usadas para el *fracking*

“[...]el fracking está pausado, hay ciertos personajes públicos que están haciendo campañas para prevenir el fracking, lo que sucede es que las personas que están a favor solamente están pensando en lo económico y esa economía solamente va a ser para ellos, [...] las reuniones y todas las gestiones que se van a tomar sobre el manejo del gas y el petróleo son a puerta cerrada, las personas o sea la comunidad no tiene nada de voto [...] ahí, entonces al no tener agua como en un reporte que estamos leyendo en las primeras partes [...] la ministra de minas está diciendo que sí se hace el fracking da hasta el 2042 ¿y de ahí para allá si sobrevivimos qué?” (Sesión #3, 19-09-2019, ponencia Gobernadora)

Al parecer, las actividades grupales como el panel de expertos favorecen la participación de los educandos mediante la exposición de sus argumentos que se van consolidando y puliendo a medida que avanza la actividad. Varios aspectos se combinan en párrafo anterior, en primera instancia la crítica sobre la poca participación concedida a las comunidades respecto a la toma de decisiones que, aunque les competen son tomadas por políticos en una estructura vertical y centralizada, por otra parte, la preocupación del participante, por el riesgo del suministro del agua versus la explotación y aumento de las reservas, da la sensación de ver comprometida la sostenibilidad de las poblaciones a largo plazo.

Es posible visualizar en estos enunciados, semejanzas con lo encontrado por estudiosos, sobre fenómenos sociales sobre la comunicación el sentido y la realidad, estos describen, como ante la pérdida de confianza en la institucionalidad y sus representantes y la posterior incertidumbre, sinsentido y desencanto, se antepone la resiliencia de aquellos que buscan recrear, en palabras de Vizer & Martín-Barbero (2003). «Afiliaciones simbólicas a causas de "bien público"» (p.17).

Otra afirmación sobre la necesidad de incluir a todos en las decisiones sobre la explotación del *fracking* proviene esta vez de los participantes que asumieron su rol a favor del *fracking*, la cual se dio posteriormente a la exposición de los panelistas en el juego de roles, se continuo con algunas preguntas realizadas por el público, de las cuales nace el próximo enunciado a analizar, desde la respuesta a la siguiente pregunta ¿Porque algunos medios de comunicación establecen que el *fracking* es perjudicial para la salud?

“[...]Cambiar los químicos del fracking, cómo algo balanceado y que todos estemos en la misma línea, buscando que nadie se enferme, y para que todos tengamos la misma economía, (..) Poner al pueblo a hablar, si ellos quieren o no quieren, no podemos ignorar lo que ellos quieren,[...] podemos hablar y que ellos

también digan y ojalá pacten, si queremos o no queremos todos” (Sesión #3, 19-09-2019, inicio sesión de preguntas desde el público, Panelistas a favor del fracking)

Es posible analizar que incluso aquellos que están de acuerdo con la técnica, esto es los participantes que asumieron los roles de ministros de ambiente y minas y energía, además del ingeniero de petróleos, admiten la necesidad de dar participación a las comunidades en la toma de decisiones sobre el uso de la tierra y la producción. Cabe resaltar además la potencialidad de este tipo de actividades donde priman argumentos soportados en la información seleccionada y adecuada para la investigación, y ampliada por ellos.

Por otro lado, también es necesario exponer aquí el desconocimiento de algunos participantes de su rol como ciudadanos para una democracia participativa en los siguientes enunciados

“No siempre piensan en los ciudadanos, ni en los problemas que puede traer y pueda perjudicar mucho a los ciudadanos y naturaleza”, “yo pienso que, si es deber de uno como ciudadano tomar conciencia, pero al momento de utilizar y practicar eso, no lo hacen” (caracterización de la población 16/08/2019)

No se puede pasar por alto el hecho de hablar de ciudadanía en tercera persona, como un indicador del desconocimiento del propio rol como ciudadano, pues es en lenguaje que se puede analizar cómo se perciben los participantes. Concuera esto con el pensamiento sobre el carácter intencionado de las temáticas llevadas al aula de clase. ¿Deberían los educandos percibirse a sí mismos como ciudadanos, aun cuando este tipo de conceptos no sean estimulados en el aula de clases? Justamente esta clase de actividades buscan sensibilizar, visibilizar y movilizar la percepción que tienen los participantes sobre lo que es ser ciudadano, parece que dicha conciencia es factible de desarrollarse paulatinamente.

La educación es entonces un proceso necesario para desarrollar en los seres humanos percepciones como la de ser ciudadano, pues esta, no puede surgir por decreto o abajo alguna programación. La ciudadanía en este sentido es entendida como asimilación de identidad cultural, así como un derecho en el ámbito de la representación política. “Es producto de un proceso abierto y de una continua resignificación de nuestra identidad” (Elizalde & Donoso, 1998, p.8).

Posteriormente, se revisa el papel inicial de la ciudadanía informada para controlar la función pública (democracia representativa), presentado en los siguientes párrafos por medio

de la próxima pregunta. Sobre los argumentos expuestos por la ministra de minas y el Gobernador de Boyacá, ¿Con cuál de los 2 representantes estas acuerdo y por qué?, a lo cual responden: “*Estamos de acuerdo con lo que dijo el gobernador de Boyacá no aceptamos que el gobierno desde cómodo sillones [...] –decidan- [...] el destino de los campesinos*”. (Sesión #2, 26-08-2019 noticia #1, pregunta 1)

Los participantes demuestran criterio para apoyar a uno de los actores, fortalecido y visibilizado posiblemente por medio de la crítica de fuentes, además su punto de vista respecto a la posición del gobierno se puede interpretar como una exigencia que puede implicar el entendimiento de una dinámica de vigilancia necesaria para ejercer ciudadanía.

Continuando con este análisis, el reconocimiento del papel del ciudadano en el cuidado y protección ambiental es un factor posible de discernir en primera instancia en el fragmento presentado a continuación. La unidad de contexto que da origen a este pensamiento proviene de la siguiente afirmación. Algunos países europeos como Francia y Alemania prohíben la práctica del *fracking*, ¿Por qué crees que esta es una práctica aceptable para el gobierno colombiano?

“Por ejemplo, Colombia está invirtiendo más en la economía que [...] como un estado en los daños que le pueden hacer al ecosistema” al respecto otro participante opina “*Él (¿el presidente?) Está pensando solo en que va a ganar plata, pero si se “pusiera” a ver, van a haber más daños, empezando con que las personas también estamos en el medio ambiente, si se muere el ambiente nosotros también*” (Sesión #2, 26-08-2019, noticia #2, pregunta 5).

Esta idea se reafirma desde otro enunciado más:

“podemos ver que el fracking está perjudicando mucho a los campesinos y muchas personas no toman en cuenta lo que puede o no hacer el fracking, porque hace muchas cosas buenas como la economía, pero a la vez está haciendo cosas malas con los campesinos con nuestra salud más que todo” (Sesión #3, 19-09-2019, ponencia inicial, participante con rol de Gobernador).

Reflexionar sobre la manera en que, para el Estado, prevalecen intereses económicos sobre los ambientales, permite dar una mirada crítica sobre el supuesto papel que debe cumplir este. Así mismo se hace posible percibir una mirada sistémica en torno a la pertenencia de los seres humanos o en este caso los pobladores como parte de un ambiente en riesgo. A pesar de estos hallazgos, no es suficiente para alcanzar a percibir que los participantes perciban la ciudadanía como un derecho y deber que les es inherente.

El anterior planteamiento hace pensar en la oportunidad de replantear desde el punto de vista educativo los procesos de movilización, desde posturas más formales que abarcan contenidos sobre ciudadanía, los derechos y la política, hacia lo que Guevara, Niño, González & Reyes (2016) referencian como. “Procesos cotidianos de educación en y para la democracia, que logran romper con los sistemas de dominación y jerarquías al interior de las relaciones escolares, comprender las reproducciones de la corrupción política en el sistema educativo y desnaturalizar las injusticias”. (p.8)

Aprovechemos ahora al haber citado a los campesinos para tratar de entender algunas relaciones establecidas entre la fractura hidráulica y la producción de alimentos.

En el siguiente párrafo encontramos que los participantes logran relacionar la fractura hidráulica, y la soberanía alimentaria como un problema sociopolítico, postura que reviste gran importancia pues implica a la vez un nivel de conciencia que refleja el alcance de varios de los objetivos de esta investigación tales como, posturas críticas y argumentadas alcanzando así los dos primeros niveles de sofisticación al privilegiar discursos como prácticas sociales desde su cotidianidad (Hodson, 2013). Lo que a su vez implica la comprensión de un contexto amplio al hablar del país. Presentamos la unidad de contexto que dio origen al párrafo enunciado, el cual corresponde a las preguntas desde el público. ¿En caso de que ya se prohíba completamente el *fracking* y haya agua contaminada, cómo se podrían recuperar esas fuentes hídricas?

“No sé si lo habíamos explicado bien, pero los daños que causa la práctica del fracking son irreversibles, no se puede hacer, [...] otra cosa, uno se daría cuenta de que tiene problemas cuando hay filtración, y después de la filtración, ya se han contaminado otras partes, y ya queda el daño.[...] también,[...] dependeríamos de otros países para el petróleo, pero, si dañamos los suelos y los volvemos infértiles con la práctica del fracking, entonces nos quedaríamos nosotros sin alimentos y nos tocaría depender de otros países para eso, entonces yo pienso que sería más grave de esa forma.” (Sesión #3, 19-09-2019, sesión de preguntas, Panelistas en contra *fracking*)

Se hace notorio el aumento en la complejidad de los enunciados que van surgiendo por parte de los participantes, con preguntas y argumentos cada vez más elaborados, los cuales reflejan una comprensión más completa. Iniciando con la irreversibilidad del proceso de contaminación, y asociando ésta con la contaminación de fuentes hídricas, como primera consecuencia del *fracking*, contraponiendo además una de las consecuencias de la no

extracción de combustible, con la dependencia de otros países con respecto al petróleo, lo que deja ver una mirada integral, Es importante anotar que el análisis más valioso se plantea desde la posible dependencia, también de otros países de un recurso indispensable como lo es la comida (soberanía alimentaria), esto nos permite interpretar que efectivamente desde diversas reflexiones metacientíficas que se analizan desde el continuo nombramiento de los intereses económicos y políticos en esta Cuestión Sociocientífica, es posible la formación de ciudadanías responsables, críticas e informadas.

Para cerrar traemos para su análisis uno de los enunciados más fuertes, pues sugiere “indignación” y la pertinencia de la pregunta, haciendo énfasis inclusive en que es una pregunta que queda abierta, sin respuesta por parte de los participantes.

¿Cuál es la necesidad de ustedes de tratar de implementar el fracking? Sabiendo que acá en Colombia tenemos la industria cafetera, tenemos la minería, sacamos esmeralda, las mejores del mundo, sacamos oro, las flores, tenemos una diversidad muy rica, ¿cuál es la necesidad de ustedes de acabar con la cultura, con la diversidad que tenemos acá en Colombia, implementando el fracking? ¿Por qué no simplemente aceptan que tenemos más formas de incrementar la economía? ¿Por qué no lo aceptan y ya? (Sesión #3, 19-09-2019, inicio sesión de preguntas desde el público, Panelistas a favor del fracking)

El hecho de que este enunciado quede sin respuesta es bastante simbólico e implica desde la interpretación de este investigador un pequeño espacio para analizar la indignación como emoción política. La construcción de la subjetividad se configura en varias fases, desde varios lugares y procesos, la infancia y la adolescencia, el hogar y la escuela. (Duarte, 2019). Respecto a los espacios de socialización que se dan en esta última, es notorio como estos se dan producto de los encuentros dialógicos, pensados para esta investigación, es importante entender como esta indignación no se queda en un reproche vacío, sino al contrario sale como unos de los enunciados más fuertes y contundentes, una emoción constituida en postura política, que moviliza, cuestiona y reafirma desde los conocimientos que se han ido construyendo y relacionando con información previa.

Como segunda parte de la actividad o instrumento de cierre se presenta un reto para los participantes, denominado “Un reto para la acción”. En esta sección se hace un recuento de todas las actividades y las intenciones principales con que fueron llevadas al aula de clases

se plantean varias preguntas dirigidas a promover la participación de los jóvenes por medio de estrategias que ellos mismos planteen, sumadas a algunas sugeridas. Así se preguntan a los participantes preguntas como: ¿Qué podemos hacer?, ¿Acaso será suficiente con “entender” la problemática? ¿Qué compromisos y acciones como ciudadanos informados sugieren?

Los participantes plantearon las siguientes actividades: cambio en el estilo de vida, elaboración de folletos, afiches informativos, revisión y participación en redes sociales. Además, de demostrar interés por participar en estas y otras actividades propuestas de forma posterior: elaboración de podcast, vídeos en YouTube, participación en páginas de activistas en redes sociales, así como la elaboración de memes, etc.

Las actividades propuestas por los participantes demuestran su movilización, fruto de la estrategia desarrollada en el aula de clases en el transcurso de la implementación de toda la propuesta pedagógica, algunas estrategias como los cambios en el estilo de vida, pueden ser indicio del nivel de compromiso que se alcanza a promover con este proyecto, además el llevar a cabo estas actividades puede ser muestra del proceso de formación sociopolítica desde el alcance de ciertos niveles de conciencia, que permitan cambiar de forma individual y aportar así a la problemática global de forma general. Otra de las opciones relevantes fue el uso de las redes sociales, que posibilita ampliar el alcance tanto del mensaje que los participantes quieran expresar con respecto al *fracking*, como de los conocimientos construidos durante todo el proceso de aplicación.

5. Consideraciones finales. Algunas potencialidades de la propuesta y perspectivas de trabajo

En relación con las contribuciones de la propuesta pedagógica a la formación científica, se puede tomar como conclusión, de forma general, que existen múltiples intereses detrás de las prácticas científicas que pueden ser reconocidos y valorados por los estudiantes si se sabe direccionar el rumbo de las actividades que son llevadas al aula de clase como una CSC, pues, como se puede apreciar en las interpretaciones, este tipo de actividades suscita tanto reflexiones metacientíficas, como apropiación de conceptos científicos propios de las ciencias naturales a propósito de los impactos ambientales asociados al *fracking*.

Las reflexiones metacientíficas en el marco de la CSC propuesta, fueron el medio ideal para indagar sobre los efectos de las sustancias tóxicas utilizadas en el *fracking* sobre la salud. Este tipo de planteamientos hicieron posible la promoción del uso de conocimiento científico en torno al funcionamiento de sistemas como el endocrino o el nervioso por medio de espacios argumentativos. Aquí se ponen en consideración los términos usados por la comunidad científica para la construcción de posturas y para la evaluación de los efectos de la implementación de la técnica de fracturación hidráulica y la diversidad de interpretaciones que de allí surgen.

En este sentido, las actividades dialógicas fueron la base que posibilitó construir nuevos conceptos y explicaciones científicas y el hallazgo de las anteriormente mencionadas reflexiones metacientíficas, tomadas como percepción de intereses tras la ciencia que, a su vez, forman parte de los valores en la misma ciencia. Es importante resaltar que algunos de estos instrumentos, tal como las actividades basadas en el debate, permitieron poner en evidencia la necesidad de verificar la información, lo cual también dio cabida a la comprensión de diversos usos de la ciencia para validar procesos y avances tecnocientíficos de interés comercial.

Igualmente, se puede decir que la propuesta promovió la argumentación sustentada desde diversas fuentes de información, proceso en el cual los educandos lograron seleccionar, analizar y comprender en profundidad la coyuntura actual respecto al *fracking* en Colombia desde la mirada de diversos actores de la controversia, además de reconocer la necesidad de llegar a consensos como un aspecto fundamental para la toma de decisiones.

Otras contribuciones hacia el accionar sociopolítico implicó la participación de los educandos en espacios de discusión, en los cuales podían expresar sus posturas argumentadas respecto a la cuestión sociocientífica planteada. Los educandos se constituyeron en ciudadanos informados capaces, desde el pensamiento crítico, de cuestionar y aprobar aseveraciones y puntos de vista para construir criterio y actuar coherentemente por medio de la democracia participativa.

Cabe anotar, continuando con los aportes al accionar sociopolítico, el reconocimiento como ciudadanos hecho por los participantes al reflexionar sobre su papel en la democracia participativa desde la necesidad de estar informados para poder actuar con el suficiente criterio y conocimiento; y esto contribuye al cuidado y protección de los “recursos naturales”, lo cual, para el investigador, tiene que ver con la civilidad.

A propósito de las reflexiones en torno a la construcción social de conocimiento y el reconocimiento de los educandos como sujetos políticos, en algunos enunciados fue posible interpretar su percepción y agrado ante actividades que permitan la participación en problemáticas actuales, que a su vez se convierten en herramientas significativas para sentir que pueden aportar a un cambio.

Es así como desde algunas de las acciones propuestas por los educandos se logra analizar la movilización de la opinión de los participantes e, incluso, un enriquecimiento propositivo que desplaza posturas iniciales basadas exclusivamente en la crítica y el pesimismo al plantear alternativas de reemplazo para las fuentes de energía contaminantes, así como cambios de posturas y costumbres con respecto a la disposición final de residuos como el plástico a través del reciclaje. Esto refuerza su reconocimiento como ciudadanía responsable del cuidado y protección ambiental.

Así mismo, fue notorio el surgimiento de posturas radicales argumentadas, en el sentido etimológico de la palabra, sobre la prohibición de la fractura hidráulica y el llamado a privilegiar el cuidado de los humedales (lo que constituye una postura política). Desde este mismo ámbito, para los participantes fue posible resignificar su escala de valores respecto a factores económicos y ambientales, los cuales se convirtieron en exigencias ante entes representativos. Además, los educandos lograron visibilizar fenómenos (la corrupción y manipulación informativa, por ejemplo) como prácticas comunes de la democracia

representativa y asociar el papel primordial de una ciudadanía informada en el control de la función pública.

Otro ámbito más es aquel que respecta a cambios en las costumbres y maneras de vivir de los participantes, así como la percepción de otras posibilidades en torno al currículo al que están expuestos y al cual, inclusive, realizan aportes; desde allí se logra plantear alternativas para informar a la ciudadanía sobre sus preocupaciones acerca de la implementación del *fracking* en Colombia.

Esta propuesta pedagógica posibilita configurar, desde las discusiones planteadas, la percepción de procesos mentales complejos, como el desarrollo del criterio y el pensamiento crítico, alrededor de falsas dicotomías como el progreso, además del reconocimiento de algunos educandos del principio de precaución. Se puede concluir que las dinámicas descritas hasta ahora pueden ser llevadas al aula de clase buscando generar otras formas de comprender y aprender ciencias

Cabe destacar, además, que el análisis y las discusiones de la técnica *fracking* en Colombia y algunos de sus componentes relativos al impacto socioambiental, económico, político y geopolítico permitieron crear un clima propicio para fomentar la formación científica y el accionar sociopolítico en este estudio de caso en particular, en la educación básica secundaria y, posiblemente, en la educación media.

Promover este tipo de formación fue posible desde tres aspectos fundamentales:

La percepción de múltiples intereses tras la ciencia, el uso de conceptos disciplinares, la participación ciudadana y el accionar sociopolítico. En las ciencias naturales, este tipo de educación conjuga el enfoque CTSA, esto es, problemáticas ambientales y sociales derivadas de los desarrollos y decisiones surgidas gracias a avances científicos y tecnológicos con CSC, que permiten el análisis crítico de la práctica del *fracking* en Colombia y el desarrollo de posturas responsables y acciones informadas con base en el pensamiento científico crítico; dichas actitudes también implican procesos de reconocimiento de tensiones desde los efectos colaterales producidos que permiten problematizar los usos de la ciencia en el aula de clases y facilitar el aprendizaje de conceptos científicos.

Esto da lugar al aprendizaje desde una imagen de ciencia diferente a la que se ha heredado en la educación tradicional colombiana. Es así como desde los hallazgos hechos en

los enunciados de los educandos se puede encontrar otra forma de percibir el quehacer científico, esta vez menos desprevenida y más realista al ser aplicada en una cuestión ambiental polémica.

Una de las actividades que se quiere destacar, por ser útil y poco referenciada en la literatura académica que corresponde a la formación en ciencias, es la crítica de fuentes: esta fue un instrumento preciso para que los participantes evidenciaran, por medio de sus enunciados, el hallazgo de múltiples intereses tras la ciencia, los cuales surgieron luego del análisis de noticias de la prensa local hecho por ellos. Este tipo de actividades permite a los participantes adoptar diversas posturas y plantear ventajas y desventajas de la explotación minera, e incluso potenciar aspectos del aprendizaje de las ciencias, como, por ejemplo, el interés por problemas del contexto y el análisis de la información.

Reflexionar sobre lo que subyace a la ciencia implica, además de la criticidad expuesta anteriormente, comprender motivaciones y dinámicas globales desde donde se privilegian dichos intereses económicos por encima de las demás esferas ciudadanas, lo que a su vez involucra la necesidad de entender cómo la ciencia es movilizada y moviliza la sociedad. Esto puede implicar, por medio de posturas argumentadas desde el paradigma de progreso, asumir acciones sociopolíticas informadas, coherentes y responsables.

El fortalecimiento de los procesos de argumentación desde los conceptos científicos fue posible gracias a herramientas como el panel de expertos (juego de rol) y el debate crítico, en los cuales algunos participantes, haciendo uso de terminología científica, elaboraron sustentos para sus argumentos, unos, inclusive, con evidencias que buscaban persuadir posturas en contra o a favor del *fracking*. El uso y apropiación de dichos conceptos científicos es uno de los objetivos fundamentales de nuestro modelo educativo, pues permite que ellos realmente lleguen a construir conocimiento imitando el quehacer de la comunidad científica por medio de comunidades de aprendizaje.

Otra posible evidencia de apropiación del conocimiento de especial relevancia se puede hallar en la forma activa como se construye el aprendizaje de manera participativa y como fruto de un consenso. Estos recursos permitieron crear un ambiente propicio para escuchar al otro, para debatir y respetar las opiniones opuestas, lo que implica poner en juego

y aplicar la participación ciudadana, y rescatar el consenso y el disenso como aspectos valiosos desde la pluralidad y la subjetividad.

Es importante resaltar el rol protagónico del maestro: en él recae la responsabilidad en la fabricación y adecuación de los instrumentos intencionados para llevar este tipo de estrategias a las aulas de clase. No sobra recordar aquí que de la preparación de dicho material depende el éxito de esta alternativa pedagógica.

Finalmente, es necesario resaltar que el abordaje de CSC es una posibilidad viable; las problemáticas y su profundidad dependerán de los objetivos y del grado escolar. Estas propuestas, tienen un gran potencial, analizan situaciones de alcance global, con repercusiones locales y se puede ser transversal a varias áreas para permitir el desarrollo de competencias ciudadanas y la construcción social del conocimiento científico, es decir, hay ciertas implicaciones didácticas.

6. Implicaciones didácticas

Con respecto a las implicaciones didácticas es esencial entender desde un inicio, que el planteamiento de este ejercicio pedagógico puede cambiar diametralmente según el investigador que lo plantee, este aspecto no sólo debe ser tenido en cuenta por los académicos que accedan a este trabajo se grado, sino que debe ser un planteamiento explícito y discutido desde un inicio y de nuevo al final de la propuesta de intervención con los educandos.

Según lo anterior, es necesario entonces establecer una comparación, un estado actual de mi postura con respecto a la investigación y la temática propuesta

El proceso de investigación y la continua reflexión pedagógica en los seminarios propios de la maestría bajo la cual se desarrolla esta propuesta, arrojan en este momento una luz y claridad producto de dicho proceso, que me hace entender hasta este momento muchos aspectos. Primordialmente, en mi oposición desde el inicio a matizar mis posturas políticas, percibido hasta hace poco como un problema, un algo de incomprensión a mi carácter en el proceso educativo.

Ahora entiendo la importancia de la neutralidad en la investigación, pues no era y no es pertinente que nuestras posiciones políticas afecten nuestros procesos investigativos, al contrario, se debe tener una postura clara con respecto a cómo estas posiciones pueden llegar a sesgar dichos procesos.

También quisiera, hacer alusión al importante y significativo proceso de reafirmación, que he desarrollado desde y por medio de la maestría, y en general en este proyecto investigativo. Uno de los sucesos que marcan ese camino ocurrió cuando fui consciente de que mi voz también tenía valor y autoridad, ante otros autores de renombre, este evento se dio en el seminario de Historia y Epistemología de las Ciencias, en el último semestre, y aunque no fue un evento puntual, sino al contrario, algo progresivo, puedo decir que llegué a un momento donde fue posible percibirlo.

Un segundo componente, relacionado con el anterior, sería el aceptar que siempre me sentí intimidado por las fuentes, el respeto por aquellos autores de renombre que, unido a un complejo heredado desde la falta de identidad y la sobrevaloración de lo foráneo (posiblemente compartido con muchos coterráneos), no me permitía creer en mí mismo, una

especie de avasallamiento producto también, de la percepción de ciencia que hasta ahora había construido, y es la idea de aquella ciencia construida por seres superiores, inamovible, verdadera y hecha por los científicos de las naciones de élite. Entendí en esta ocasión y gracias al esfuerzo de mis maestros a la hora de seleccionar y estudiar miradas como la de Elkana y su percepción de la ciencia como una construcción social, que los procesos académicos mueven nuestras subjetividades, por lo cual está todo el tiempo en juego lo que uno es. Y fue así como los maestros del Seminario, que de forma insistente nos preguntaban por nuestras voces, por nuestros puntos de vista, cuando instaban en querer leer nuestra perspectiva, que descubrí que tenía esa voz, es así como percibí como este ejercicio académico fue más allá de mi formación docente, como trascendió significativamente mi vida.

Posterior a este proceso, al que he denominado construcción de identidad social desde el proceso discursivo, me pregunté: ¿Y si mis estudiantes descubren lo mismo?, la respuesta es que un proceso tal, no se da de la noche a la mañana, pues no bastan 4 sesiones para cultivar y cosechar todo que he relatado hasta ahora, aun mas, cuando nadie puede garantizar este tipo de procesos, los cuales son sobre todo viajes individuales. Es por esto que la estructuración de una propuesta pedagógica tan ambiciosa debe estar intencionada de una forma concreta, que maximice la utilización de los recursos e instrumentos. Es así como esta responsabilidad se constituye como una de las más relevantes, y de mayor peso de la labor educativa, ¿Cómo construir con ellos en tan poco tiempo una dinámica que les permita acercarse a la ciencia y posibilitar desde ella la transformación de sí mismos y de su entorno? ¿Es posible que el uso de cuestiones Sociocientíficas se constituya en una herramienta que promueva el accionar político desde la movilización de emociones políticas?

Entendí entonces que es para esto por lo que nos preparamos 2 años, para tener el arsenal suficiente que nos permita intentar acercarnos a esta nuevo tipo de enseñanza, que abandona un paradigma positivista dogmático y anquilosado, hasta ahora sostén de muchos maestros. Asumir las cosas así es un gran reto, comprometerse con el pensamiento crítico que implica entre muchas cosas, suspender la credulidad que hasta ahora había funcionado tan bien, ser conscientes de que toda la clase política de este país pasó por un colegio, y la mayoría, falla en aspectos mínimos de ciudadanía, tomar la responsabilidad de esa formación,

hasta ahora asignada de forma arbitraria a otras áreas del conocimiento, para ello debemos evitar que nuestros educandos hereden la indiferencia, la orfandad de una ciudadanía a medias, ejercida desde un voto cada cuatro años o no asumida. De ese sentido les estoy hablando.

Y en todo este ejercicio que trasciende lo académico entendí cuánto valor pueden adquirir conceptos que hace dos años ni siquiera existían, como por ejemplo el de subjetividad. Comprendo ahora el potencial que implica dotar de tanto poder a un concepto, el increíble poder de la palabra.

No se puede subestimar la cantidad de aspectos que se pueden construir desde cimientos tan fuertes, trataré de intentar un ejercicio desde y por medio de estos dos aspectos. La subjetividad y las palabras, estas implican muchas cosas en mi vida, y desde la faceta de mis clases lo vivo desde el abandono de las verdades absolutas, el subestimado hecho de reconocer que existen varias verdades, lo que a su vez implica darle cabida al otro, a la alteridad y la bellísima diferencia que tanto nos enriquece y que encontramos bullendo a borbotones en nuestro amado trópico. A este nivel he llegado, aprender a reconocer este tipo de principios ennoblece mi vida y sin duda alguna indirectamente la de aquellos con quienes interactúo a diario. El camino ha sido largo y fructífero, y por esto siento enorme gratitud, por la ayuda recibida para desarrollar este nuevo sentido. Potencial enorme que implica también enorme responsabilidad. Gracias por todo esto maestros.

Por último, queda en mi mente reverberando una pregunta hecha por una estudiante que participó en la investigación, y que quiero compartirles como un ejercicio reflexivo final. Ella me decía algo así: *¿"profe, qué sentido tiene ser líder social si a uno lo asesinan en este país?* Quizá no exista una respuesta sensata para esta gran cuestión, pero quiero seguir pensando y soñando que viviremos y haremos el aporte para que Colombia sea un país donde opinar y defender la vida, no nos cueste la vida misma.

7. REFERENCIAS

- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3-16.
- Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias.
- Aikenhead, G. (1985). *Science curricula and social responsibility*. En R.W. Bybee (Ed.): Science-Technology-Society. Washington DC: NSTA.
- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124.
- Alvarado, S. V., Ospina, H. F., Botero, P., & Muñoz, G. (2008). Las tramas de la subjetividad política y los desafíos a la formación ciudadana en jóvenes. *Revista argentina de sociología*, 6(11), 19-43.
- Amelines Rico, P. A., García Arteaga, E. G., Giraldo Suárez, Y. L., Mejía Aristizábal, L. S., Morcillo Molina, C., Quinto Moya, J. A., & Tobón Cardona, E. (2017). La experimentación en la clase de ciencias: aportes a una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas.
- Andrade, G. I. (2011). Río Protegido. Nuevo concepto para la gestión de conservación de sistemas fluviales en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 14(1), 65-72
- Arango, J. (2013). *Hacia una formación científica en y para la civilidad: la argumentación en el contexto de discusiones sobre la explotación minera del oro como asunto sociocientífico*, Tesis de maestría.
- Arango, J. y Henao, B. (2013). *La argumentación en la clase de ciencias. Hacia una formación científica en y para la civilidad*. Colombia: Editorial Artes y Letras S.A.S, pp. 103-127.
- Arango, J.S, Henao, B. H, & Romero, Á. E. (2012). *Hacia una formación sociopolítica: propuesta pedagógica centrada en discusiones sobre un asunto sociocientífico, respaldadas en fuentes de divulgación*. Uni-pluriversidad, 12(3), 51-56.
- Aranguren, J. (2004). La idea de formación. *Pensamiento y cultura*, (7), 33-46.
- Bachetta, V. L. (2013). Geopolítica del *fracking*. Impactos y riesgos ambientales. *Nueva sociedad*, (244), 61-73.

- Bateson, G., & Longo, G. (1988). *Verso un'ecologia della mente* (Vol. 17). Adelphi.
- Botero, M. B., Tobón, D. S. J., & Arango, J. S. R. (2015). Formación sociopolítica en la clase de ciencias: discusiones sobre el uso de agroquímicos como un asunto sociocientífico. In *Educación científica y ciudadanía en el siglo XXI: actas del VIII Congreso Iberoamericano de Educación Científica y del II Congreso Internacional de Pedagogía, Didáctica y TIC aplicadas a la Educación (CIEDUC 2015)* (pp. 307-320). Servicio de Publicaciones
- Breilh, J. (2007). El ciclo perverso de las aspersiones aéreas con glifosato: su impacto en la salud y ecosistemas.
- Bohòrquez, K. S. B. (2020, marzo 3). Gobierno da vía libre a la reglamentación de los pilotos de investigación de fracking. Recuperado 18 de mayo de 2020, de <https://www.larepublica.co/economia/l-gobierno-da-via-libre-a-la-reglamentacion-de-los-pilotos-de-investigacion-de-fracking-2972484>
- Cabrera, F. C. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *theoria*, 14(1), 61-71.
- Carr, W., Benedito, V., Bravo, J. A., & Kemmis, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza: la investigación-acción en la formación del profesorado*. Ediciones Martínez Roca,.
- Cisterna C. F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1).
- Comisión Nacional de Reparación y Reconciliación (Colombia). Área de Memoria Histórica. (2013). *¡ Basta ya! Colombia: memorias de guerra y dignidad*. Centro Nacional de Memoria Histórica.
- Cortina, A. (2003). Pluralismo moral. Ética de mínimos y ética de máximos. *Perspectivas Éticas N°7*, Centro de Estudios de Ética Aplicada, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad de Chile.
- Doménech, A. M. y Márquez, C. (2010) *¿Qué tipo de argumentos utilizan los alumnos cuando toman decisiones ante un problema sociocientífico?* Comunicación presentada en XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales en Baeza (Jaén).
- Doménech, A. M., & Márquez, C. (2013, September). Promoting students' critical thinking through the design of scientific researches related to a SSI: the case of ADHD. In ESERA Conference Proceeding (pp. 2-7).

- Duarte, J. (comp.), (2019). Emociones políticas en niños y niñas. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
- Elizalde, A., & Donoso, P. (1998). Formación en cultura ciudadana. In *Conferencia preparada para el Primer Seminario Nacional de Formación Artística y Cultural. Organizado por el Ministerio de Cultura y realizado en Santafé de Bogotá del* (Vol. 27).
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Boletín de la sociedad colombiana de epistemología*, 3(10-11), 65-80.
- Environmental, W. E. (2009). Town of DISH, Texas ambient air monitoring analysis. *Final report. Wolf Eagle Environmental, Flower Mound.*
- Fleck, L., Schäfer, L., Schnelle, T., Meana, L., & de Pablo, Á. G. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico: introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento.* Madrid: Alianza
- Fleck, L. (1986). Génesis y desarrollo de un hecho científico. Alianza Editorial 1986. Introducción y Capítulo 2, pp. 43-44 y 67-98.
- Flores, J. G., Gómez, G. R., & Jiménez, E. G. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa. Málaga: Aljibe.*
- Fuentes, C. (2011). Elementos para o Desenho de um Modelo de Debate Crítico na Escola. *Argumentação na escola: o conhecimento em construção. Campinas: Pontes*, 225-250.
- Guevara Jiménez, L. A., Niño Quintero, G., González Restrepo, A. D., & Reyes Sabogal, O. (2016). Prácticas Pedagógicas que promueven la Constitución de Subjetividad Política (Master's thesis).
- Gil, D., & Vilches, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272.
- Gómez, G. I. M. Freire, P. y Shor I.(2014). Miedo y Osadía. La Cotidianidad del Docente que se Arriesga a Practicar una Pedagogía Transformadora. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 4(1).
- Guba, E., & Lincoln, Y. (2002). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. *Por los rincones: Antología de métodos cualitativos en la investigación social*, 113-145.

- Henao, B & Stipcich M, (2008). *Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias experimentales*, pp. 47-62. Recuperado en URL: en http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen7/ART3_Vol7_N1.pdf. [Consulta 5 de Mayo de 2014].
- Henao Sierra, B. L., & Palacio Mejía, L. V. (2013). Formación científica en y para la civilidad: un propósito ineludible de la educación en ciencias.
- Hodson, D. (2003). *Time for action: Science education for an alternative future*. *International Journal of Science Education*, 25, pp. 645–670. Recuperado en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690305021#preview> [Consulta 5 de Mayo de 2014].
- Hodson, D. (2004). Going Beyond STS: Towards a Curriculum for Sociopolitical, http://www.scienceeducationreview.com/open_access/hodson-action.pdf [Consulta 5 de Mayo de 2014].
- Hodson, D. (2013). La Educación en Ciencias como un llamado a la acción. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 7 (7), 1-15. En Memoria Académica. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.6577/pr.6577.pdf
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). 10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Editorial Graó.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues, *Science Education*, 85, 291–310.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido teoría y práctica* (No. 001.42 K71).
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Univ. Press, Chicago.
- Latour, Bruno (1983). Dadme un laboratorio y moveré el mundo. En: Knorr-Cetina, K. & Mulkay, M. (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*, Londres: Sage, 1983, pp. 141-170. Versión castellana de González-García, M. Ciencia, Tecnología y Sociedad CTS-OEI
- Latour, B. (1992). *Ciencia en acción* (Vol. 1987). Barcelona: Labor

- Lechtenböhrer, S., Altmann, M., Capito, S., Matra, Z., Weindorf, W., & Zittel, W. (2011). Repercusiones de la extracción de gas y petróleo de esquisto en el medio ambiente y la salud humana. Recuperado de [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2011/464425/IPOL-ENVI_ET\(2011\)464425_ES.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2011/464425/IPOL-ENVI_ET(2011)464425_ES.pdf).
- Leitão, S. (2007). La dimensión epistémica de la argumentación. *Ciencias de la mente: Aproximaciones desde Latinoamérica*, 5-32.
- Lozano, A. (2020). *Fracking* como generador de conflictos socioambientales - angelicalozano.co. Retrieved 18 January 2020, from <https://angelicalozano.co/como-el-fracking-afecta-la-conflictividad-sociambiental/>
- Matthews, MR (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12 (2), 255-277.
- Membriela, P. (1997). Una revisión del movimiento educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 15(1), 51-57.
- Méndez, B. H., Pérez, P. Á., Contreras, S. S., & Robles, M. B. Evaluación de los posibles impactos al ambiente por contaminantes del aire y NORM derivados de la explotación de reservas tipo shale con fracturación hidráulica: Una revisión del estado del arte.
- Ministerio de Educación Nacional (2016), “Derechos básicos de aprendizaje en ciencias naturales”, V.1. Marco del Contrato Interadministrativo No. 0803, Universidad de Antioquia y Ministerio de Educación Nacional, documento en línea, disponible en: <https://www.google.com.co/search?q=derechos+basicos+de+aprendizaje+ciencias+naturales&oq=derechos+basicos+&aqs=chrome.3.69i57j0l5.8873j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Nussbaum, M. C. (2010). *Sin fines de lucro. Por qué la democracia necesita de las humanidades*. Buenos Aires: Katz Editores.
- Osborne, JF y Patterson, A. (2011). Argumento científico y explicación: ¿una distinción necesaria? *Science Education*, 95 (4), 627-638.
- Parra Romero, Adela, and Zeneire Cadena Díaz. "El medio ambiente desde las relaciones de ciencia, tecnología y sociedad: un panorama general." *CS 6* (2010): 331-360.

- Pérez Serrano, G. (1998). Investigación cualitativa retos e interrogantes. *COLECCION AULA ABIERTA*).
- Perdomo, G. A. (2002). Plásticos y medio ambiente. *Revista Iberoamericana*, 3, 1-13.
- Plata, N, Patricia, D. (2016). *Técnicas, normativa y recomendaciones para la gestión ambiental de la aplicación de la Fractura Hidráulica (fracking) en Colombia* (Master's thesis, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales).
- Raigada, J. L. P. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Sociolinguistic Studies*, 3(1), 1-42.
- Ratcliffe, M. y Grace M. (2003) Science education for citizenship. Maidenhead Open University Press.
- Ratcliffe, M. (2009).The place of socio-scientific issues in citizenship education, in Ross, A. (ed) Human Rights and Citizenship Education. London: CiCe, pp 12–16.
- Ramírez, N., Souza, D., & Leitão, S. (2013). Desarrollo de habilidades argumentativas en la enseñanza-aprendizaje de contenidos curriculares. *Cogency–Journal of Reasoning and Argumentation*, 5 (2), 107-134.
- Romero Chacón, Á. E., Henao Sierra, B. L., Barros Martínez, J. F., Palacio Mejía, L. V., Restrepo Olaya, C., Arango Ramírez, J. S., & Guzmán Restrepo, J. F. (2013). La argumentación en la clase de ciencias: aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias.
- Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista cubana de higiene y epidemiologia*, 44(2), 0-0.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 112-138. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20042>
- Saldaña, J. J. (1994). Historia de la Ciencia y la Tecnología: aspectos teóricos y metodológicos. *Ciencia Tecnología y desarrollo. interrelaciones teóricas y metodológicas*, 1.
- Serigot Castellet, J. (2015). Análisis crítico de la viabilidad del *fracking* en España.

- Shapin, Steven. Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. Tomado de Callon, Michel y Latour, Bruno, *La science telle qu'elle se fait*. La découverte: París, 1991. Traducido por Germán Pineda, Universidad Nacional, Santafé de Bogotá, 1995..
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (1), 1-10.
- Stake, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata.
- Solbes, J., & Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (26).
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- Toulmin, S. (2003). *Regreso a la razón*. Barcelona: Ediciones Península.
- Valdés, C. (2016) “El Fracking: Impactos ambientales y socioeconómicos”. Tesis de Doctorado en Medio Ambiente Dimensiones Humanas y Socioeconómicas. Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de la Universidad Complutense de Madrid.
- Vargas, O. R., Giraldo, Y. N. G., & Trujillo, M. L. M. (2017). La emoción como estrategia movilizadora de la acción política de niños, niñas y adolescentes. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(2), 152-159.
- Vasilachis de Gialdino, I. (2007). Estrategias de investigación cualitativa. *Buenos Aires: Gedisa*.
- Veiga, M. (2010). Antioquia, Colombia: El lugar más contaminado con mercurio en el mundo: impresiones de dos visitas de campo. *ONUDI. Medellín. Recuperado de: http://quimicos.minambiente.gov.co/images/Mercurio/antioquia_lugar_mas_contaminado_con_mercurio_onudi_2010.pdf*.
- Vizer, E. A., & Martín-Barbero, J. (2003). La trama (in) visible de la vida social: comunicación, sentido y realidad.
- Webb, E., Bushkin-Bedient, S., Cheng, A., Kassotis, C. D., Balise, V., & Nagel, S. C. (2014). Developmental and reproductive effects of chemicals associated with unconventional oil and natural gas operations. *Reviews on Environmental Health*, 29(4), 307–318. <https://doi.org/10.1515/reveh-2014-0057>

- Wallerstein, I. (2011). El debate en torno a la economía política de " El Moderno Sistema-Mundial". *Mundo siglo XXI*, (24), 5-12.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D. Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). *Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education*. *Science Education*, 89(3), pp. 357–377. Recuperado en URL <http://faculty.education.ufl.edu/tsadler/BeyondSTS.pdf> [Consulta 22 de Septiembre de 2014]
- Zenteno-Mendoza, B. E., & 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*, 2-25.

ANEXOS

Asentimiento y Consentimiento informado

Nombre de la investigación: **“Discusiones sobre la práctica del fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos”**

Investigador: Carlos Andrés Mazo Murcia

Como investigador presento mi compromiso ético con los educandos(as) del grado octavo pertenecientes a la Institución Educativa Padre Roberto Arroyave Vélez. El hacer uso adecuado de la información producida y registrada en el marco de este trabajo, con el único fin de lograr los objetivos propuestos por esta investigación, y en la perspectiva de contribuir con aportes al mejoramiento de la educación en Ciencias Naturales y la convivencia ciudadana del colegio.

Se trata de un ejercicio académico relacionado con la educación y la formación ciudadana; los datos obtenidos serán utilizados para analizar el uso de problemas socio científicos para el desarrollo de competencias científicas y la formación de sujetos políticos, como se expresa en el título de dicha investigación y harán parte de una publicación (tesis de maestría) así como de artículos de revista que surjan producto de dicha investigación. Estos datos no serán divulgados por ningún otro medio, ni en ningún otro escenario distinto a los descritos anteriormente. En ningún momento la integridad del educando(a) se verá afectada y no será juzgado(a) por los investigadores pues la identidad siempre será confidencial.

Yo _____ educando(a) del grado octavo de la Institución Educativa Padre Roberto Arroyave Vélez, por medio de este documento acepto participar del trabajo que llevará a cabo el docente Carlos Andrés Mazo Murcia, con motivo de recolección de datos para el proyecto de investigación “Discusiones sobre la práctica del



fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos”.

Yo _____ acudiente del educando(a)
_____ por medio de este documento, autorizo a mi
acudido(a) con motivo de registrar información a participar del trabajo de investigación
“Discusiones sobre la práctica del fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para
promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como
sujetos políticos”.



ALBERTO AMÍN TOLEDO PÉREZ
Rector



CARLOS ANDRÉS MAZO MURCIA
Maestro investigador



FACULTAD DE EDUCACIÓN

GRUPO DE ESTUDIOS CULTURALES SOBRE LAS CIENCIAS Y SU
ENSEÑANZA –ECCE–

Desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos en
clase de ciencias naturales.

Seminario-Taller

Realizado por:

Carlos Andrés Mazo Murcia

Universidad de Antioquia

2019



“Discusiones sobre la práctica del fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos”

Investigador: Carlos Andrés Mazo Murcia



La propuesta pedagógica inicia con una contextualización que permite a los participantes tener bases para entender de forma suficiente la problemática que se constituye como centro de las discusiones, desde las cuales se puede reconocer un proceso de aprendizaje alternativo basado en la construcción social del conocimiento, que permite trascender la enseñanza tradicional caracterizada por la repetición y transmisión de información.

Sesión #1.

Actividad: Poniéndonos de acuerdo sobre el fracking

Objetivo: promover algunas reflexiones iniciales acerca de la implementación del fracking en Colombia como una Cuestión Socio Científica; favoreciendo la construcción social de conocimiento en el aula.

Objetivo: presentar una aproximación conceptual sobre el fracking mediante el uso de diversos recursos para motivar y acercar a los estudiantes respecto a la problemática en cuestión.

Orientación: Escribe en cada uno de los recuadros en blanco las causas y efectos que originaron dicha situación.

Situación	Causa	Efecto
En un pozo de explotación de fracking, se ha notado una fuga de sustancias químicas, que al parecer está relacionado con el deterioro en la salud de los pobladores		
Cerca de una población de pescadores, se construye un pozo de extracción por fracking, los habitantes notan que al pasar el tiempo se quedan sin sustento alimenticio		

Cada vez más campesinos cultivan plantas ilegales ya que los terrenos que eran aptos para sus cultivos tradicionales ya no sirven para estos fines		
--	--	--



“Discusiones sobre la práctica del fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos”

Investigador: Carlos Andrés Mazo Murcia



Discutir en grupos de trabajo las siguientes preguntas sobre el capítulo 5, temporada 26 de los Simpson titulado: “opuestos al frack” en Hispanoamérica. Vinculo web:

https://verlossimpsons.com/watch/los-simpsons-26x05-opuestos-al-frack_kybtItGgpyft9bt.html

1. Al acercar una chispa al agua, esta se “enciende” ¿Cuál es la intención de esta escena?, ¿Crees que este fenómeno es posible?, ¿Explica en que puede consistir el fenómeno presentado?
2. Argumentar acerca de las posibles motivaciones e intereses detrás de las multinacionales que quieren implementar el fracking
3. Qué pasa cuando el científico le explica a la comunidad sobre las sustancias químicas y sus efectos



“Discusiones sobre la práctica del fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos”

Investigador: Carlos Andrés Mazo Murcia



Sesión #2.

Actividad: Una mirada crítica al fracking en Colombia

Objetivo: Fortalecer el pensamiento crítico en los estudiantes mediante el análisis de fuentes informativas relacionadas con la implementación del fracking en Colombia.

Objetivo: promover la comparación de una serie de fuentes informativas para valorar diversas posturas e intereses que intervienen en la controversia del fracking en Colombia

Orientación: con tu grupo de trabajo realiza una lectura crítica a las noticias sobre la práctica del fracking en Colombia y responde a cada una de las preguntas orientadoras; prepárate para socializar.

Tiempos: tiempo para lectura 20 minutos, tiempo para responder las preguntas 30 minutos, tiempo para socialización una hora.

Noticia #1

Hablar de fracking responsable es como decir violación responsable

Preguntas

1. De los argumentos o ideas expuestos por la Ministra de minas y el Gobernador de Boyacá, ¿Con cuál estás de acuerdo y por qué?
2. ¿Qué información necesitas para comprender mejor la noticia?
3. ¿Qué opinas sobre la necesidad de extracción de combustibles fósiles y su impacto ambiental?

Noticia #2

El gran daño del fracking a Colombia.

4. ¿Cuáles son las principales consecuencias de la implementación del fracking según tu opinión?
5. Algunos países europeos como Francia y Alemania, prohíben la práctica del fracking, ¿Por qué crees que esta es una práctica aceptable para el gobierno colombiano?
6. ¿Cuáles crees que son las principales motivaciones para llevar a cabo este tipo de técnicas tan polémicas?
7. ¿Qué quiere decir el autor del texto cuando usa el término mezcla, en el penúltimo párrafo? Ejemplificar

Noticia #3

¿Hay o no hay fracking en Boyacá? Crece la polémica

8. ¿Cuál crees es la intención de la persona que filtró la información en pleno mundial de fútbol?

9. Explica si consideras que se esté haciendo o no, fracking en Boyacá

10. ¿Qué opinión te genera la radical postura del gobernador de Boyacá



Decir ‘fracking’ responsable es como decir violación responsable: gobernador de Boyacá



Carlos Amaya, gobernador de Boyacá. FOTO Cortesía

RICHARD AGUIRRE FERNÁNDEZ | PUBLICADO EL 03 DE SEPTIEMBRE DE 2018

El gobernador de Boyacá, Carlos Amaya, quien ha sido férreo defensor de la naturaleza y que adelanta una campaña contra la implementación del fracking -técnica para fraccionar roca y extraer hidrocarburos- en Colombia manifestó que “decir ‘fracking responsable’ es como decirle a una mujer que la van a violar responsablemente”.

La afirmación surgió en una entrevista publicada por el diario El Espectador, en el que Amaya sostiene que si esto llega a suceder en el país, representará una afectación directa en el agua de los colombianos.

El mensaje del gobernador está relacionado con las declaraciones de la ministras de Minas y Energía, María Fernanda Suárez, quien a mediados de agosto había manifestado que tenía que convencer al presidente Iván Duque “sobre el fracking responsable” en Colombia, pues a su juicio, con esta técnica se podrían aumentar en 19 años las reservas de gas natural y en ocho las de petróleo.

En diferentes espacios el gobernador ha sido crítico de esta posibilidad y ha planteado que “no aceptamos que el gobierno desde cómodos sillones el destino de los campesinos”, criticando la falta de contacto con las comunidades a la hora de tomar decisiones, sobre todo de tipo ambiental.

El funcionario también que “razones nos sobran para defender el agua” y que en Boyacá, ni en ningún rincón de Colombia, este recurso vital se negocia. “Creemos en que es posible un desarrollo equilibrado. Y como hoy, haremos lo que nos toque, y reiteramos: Boyacá dice no al fracking”, publicó en su cuenta de Twitter esta semana.

No obstante, este no es el único funcionario que se ha quejado sobre esta posibilidad. La semana pasada, el contralor General, Edgardo Maya Villazón, manifestó que “el país no está suficientemente preparado para mitigar los riesgos y afectaciones del fracking”.

RICHARD AGUIRRE FERNÁNDEZ

<https://bit.ly/2IHBHTH>



El gran daño del fracking a Colombia

2 mayo, 2018 Cronicon Coyuntura 0

POR RODRIGO BERNARDO ORTEGA /



El desastre provocado por la empresa Ecopetrol en el corregimiento La Fortuna en Barrancabermeja (Colombia), a causa del derramamiento de 550 barriles de petróleo, confirma una vez más el profundo daño social, económico y medioambiental ocasionado por la extracción de recursos del subsuelo. Según las

investigaciones preliminares, 25 kilómetros del río Sogamoso están contaminados sumados a 49 cuerpos de agua. Al menos unos 2.500 animales murieron y 9 personas se encuentran con problemas de salud como consecuencia del derrame, sin contar los cientos de pescadores que se quedaron sin sustento. Lo más grave de todo es que según las proyecciones de los especialistas, el daño ambiental será reparado en 20 años (2038) pero, sin duda, quedarán secuelas permanentes

Por si no fuera poco con este escenario desolador, el ministerio de ambiente dio vía libre en 2017 al fracking en nuestro país. Esta técnica que se basa en la producción de petróleo y gas de yacimientos no convencionales, simboliza la degradación a la que ha llegado el ser humano. En efecto, el fracturamiento hidráulico (nombre formal de este procedimiento) se trata, en pocas palabras, de la instalación de tuberías (de más de dos kilómetros hacia abajo y tres kilómetros de lado) para romper piedras que contienen petróleo usando agua a presión. No obstante, dada la infraestructura y el nivel de profundidad, el agua no llega con suficiente fuerza por lo que es necesario utilizar más de 130 químicos combinados con arena que potencializan su acción. El problema fundamental de esta técnica es que las

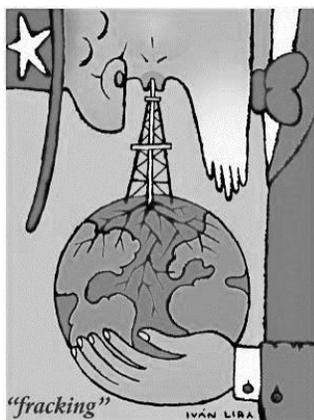


filtraciones pueden contaminar las aguas subterráneas de manera definitiva (<https://www.youtube.com/watch?v=RPDtD0IP110>). De igual forma, el producto que sale luego de la fractura de las rocas está altamente contaminado y puede llegar a la superficie.

Sin embargo, la torpe explicación brindada por la viceministra de energía, Ruty Paola Ortiz es que Colombia podrá aumentar las reservas de crudo en 3.000 millones de barriles, como si eso fuera la salvación del mundo (<https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/ministerio-de-ambiente-permite-el-fracking-en-colombia-articulo-709782>). Por el contrario, el fracking es una práctica que trae consigo riesgos ambientales inminentes. En 2016, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos realizó un estudio en el que comprobó una afectación grave en la calidad y la disponibilidad del agua potable en ese país. De hecho, se calcula que se emplean 23 millones de litros de agua (mezclada con químicos) al mes en un pozo de fracking. Todo para sacar un recurso cada vez más devaluado, por lo que hacer este procedimiento no sólo es costoso en términos ambientales y económicos, sino también inútil porque las ganancias reducidas se concentran en pocas manos.

Habría que preguntarles a los defensores del fracking si es una técnica cuyos efectos secundarios se pueden mitigar, entonces ¿por qué países como Francia, Alemania, Bélgica, y Suiza tienen grandes restricciones o incluso prohibiciones definitivas a este procedimiento? La respuesta salta a la vista y es porque es una técnica depredadora de la naturaleza y sus efectos no pueden controlarse así se inviertan millones de dólares en abogados y científicos que busquen ocultar la verdad. De acuerdo con estimaciones, el agua empleada para romper las rocas es el equivalente a la de consumo doméstico de entre 2 y 7 millones de personas por año. (<http://www.nofrackingmexico.org/que-es-el-fracking/>).

Y el culpable de toda esta lógica retorcida no es otro que el gobierno de los Estados Unidos que ha hecho leyes a la medida para las multinacionales con el fin de explotar los recursos de países pobres que, como el nuestro, no tienen políticos competentes para defender la soberanía, entendida como la protección y cuidado del territorio.



La Casa Blanca tiene un plan geoestratégico para utilizar el petróleo como un arma de presión a los países del sur. En este sentido, el gobierno del presidente Trump ha encontrado en Colombia un lugar idóneo para llevar a cabo su plan depredador y en la empresa Ecopetrol un socio incondicional. Todo esto sin tener en cuenta los daños medioambientales provocados por esta técnica.

En el país ya comenzaron a observarse los impactos ambientales. En efecto, en la vereda Pita Limón de San Martín, Cesar, se encontraron rastros de una sustancia aceitosa en el agua extraída



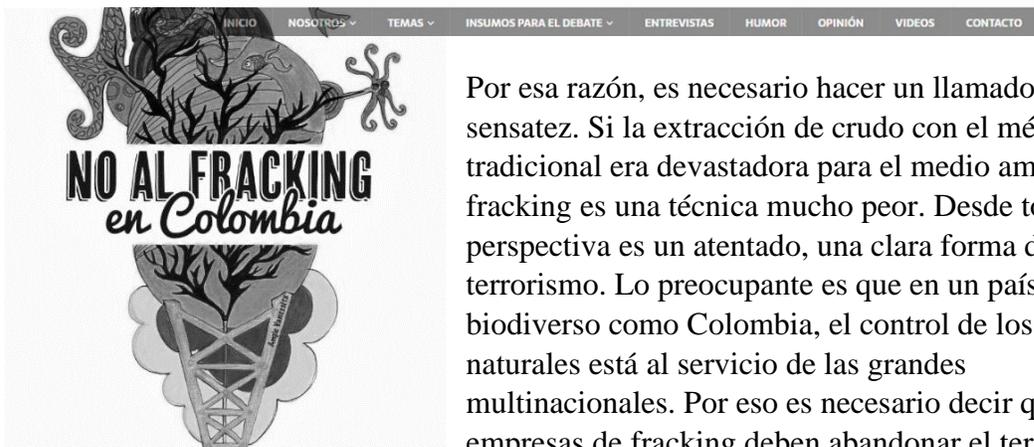
de pozos subterráneos para consumo doméstico

(<http://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/fracking-en-colombia-denuncian-contaminacion-de-agua-en-san-martin-cesar/39500>). No es de extrañar que cerca de la vereda exista una planta de la empresa Conoco Phillips que utiliza el fracking para extraer hidrocarburos en la zona. Como era de esperarse la multinacional con sede en Texas negó cualquier responsabilidad en la evidente contaminación del agua y aseguró que se debe a otros factores ajenos al empleo del fracturamiento hidráulico. No

obstante, todas las pruebas apuntan a que San Martín es el primer municipio colombiano afectado por la explotación no convencional de petróleo.

Sumado al desperdicio del agua, a la contaminación con químicos y a los sismos inducidos, el fracking significa además un problema de salud pública. Se ha logrado determinar daños sensoriales, respiratorios y neurológicos por el consumo de agua contaminada con sustancias como Plomo, Mercurio, Radio, Formol, Ácido Hidroclórico, entre otros productos químicos (<https://birongo.aporrea.org/actualidad/a183277.html>). No obstante, esa es la composición que entra a los pozos, el agua de desecho está aún más contaminada, pues es una mezcla de metales pesados, hidrocarburos y hasta materiales radiactivos presentes en el subsuelo. Las empresas de fracking almacenan esta agua altamente contaminada (e imposible de reutilizar) en pozos letrina. Haciendo una metáfora es el equivalente de esconder la basura debajo del tapete. Esta acción resulta inútil y peligrosa pues se ha comprobado que el agua se filtra y contamina acuíferos potables. Es un auténtico atentado a la naturaleza.

Volviendo al tema de la salud, algunas investigaciones han arrojado resultados inquietantes. Se estableció que al menos 25% de las sustancias utilizadas en la perforación de pozos pueden causar cáncer y malformaciones genéticas, el 37% afectan el sistema endocrino, el 40% puede provocar diversos tipos de alergia en la piel y el 50% afectar de manera irreversible el sistema nervioso (<http://www.nofrackingmexico.org/que-es-el-fracking/>). Desde esta perspectiva, el daño del fracking es holístico. El empleo de tecnología que perfora la tierra de manera indiscriminada, la inyección de veneno que amenaza con contaminar el agua potable y volver infértiles millones de hectáreas, y los daños a la salud de las personas son indicios más que suficientes para acabar de una vez con esta técnica. También se sabe que la perforación contribuye al aceleramiento del calentamiento global debido a las emisiones de gas metano.



Por esa razón, es necesario hacer un llamado a la sensatez. Si la extracción de crudo con el método tradicional era devastadora para el medio ambiente, el fracking es una técnica mucho peor. Desde toda perspectiva es un atentado, una clara forma de terrorismo. Lo preocupante es que en un país tan biodiverso como Colombia, el control de los recursos naturales está al servicio de las grandes multinacionales. Por eso es necesario decir que las empresas de fracking deben abandonar el territorio

colombiano ya que la catástrofe puede ser incontenible. Más si se toma en cuenta que de acuerdo con expertos el futuro de esta técnica no está del todo claro pues si el precio del petróleo desciende por debajo de 80 dólares, las ganancias serían reducidas en comparación a la enorme inversión, pero sobre todo al profundo daño ambiental ocasionado.

¿Hay o no hay fracking en Boyacá? Crece la polémica

Medio Ambiente

20 Jun 2018 - 9:42 AM

Redacción Vivir

La presencia de equipos de sísmica en algunas veredas hizo creer a la población que se trataba de un proyecto de fracking. El gobernador del departamento pidió al Gobierno Nacional suspender temporalmente los proyectos.



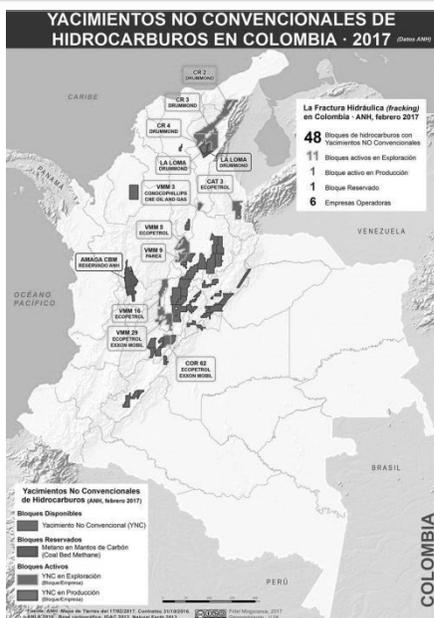
Imágenes que circulan en internet en las que se confundieron equipos de sísmica con equipos de fracking. Twitter

El pánico ante un posible proyecto de fracking en Boyacá comenzó con mensajes en redes sociales. Un twitterero escribió: “Mientras hoy mirábamos el mundial, en Boyacá empezaba el fracking en la laguna de la Tota. Gracias”. Los mensajes

estaban acompañados de fotografías de grandes equipos de sísmica en veredas del departamento.

El rumor fue creciendo hasta que al gobernador del departamento, Carlos Amaya, no le quedó otra salida que intervenir: “Solicitamos a la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) que su más alto funcionario venga y le explique de manera amplia a la comunidad lo que está pasando. Los habitantes de la zona tienen mucha incertidumbre ya que se ha generado demasiada desinformación con respecto a que estos estudios podrían conducir a la posibilidad de extracción de petróleo mediante la técnica de 'fracking' y eso en Boyacá no lo vamos a permitir”.

En los días previos, los campesinos del municipio de Caldas (Boyacá) molestos y preocupados por la presencia de la pesada maquinaria en su territorio, se encargaron de bloquear el avance de los equipos, recogieron los cables y geófonos que los ingenieros



habían extendido a lo largo de la zona y se los entregaron al Personero del municipio. El Gobernador le recordó al Gobierno Nacional que sigue tomando decisiones desde escritorios en Bogotá sin tomar en cuenta la situación de comunidades locales: “Volvemos al tema de la centralización de las decisiones y su toma de un plumazo desde Bogotá, desconociendo a la gente que habita las regiones. El camino para el desarrollo de Colombia debe ser la descentralización y lo que hizo la ANH va en contravía de la misma”. (Imagen: Mapa construido por @Geographiando con datos de la ANH).

¿Qué es lo que realmente está ocurriendo en Boyacá frente al fracking? Primero hay que aclarar que en redes sociales se están mezclando fotos de unos municipios

con problemas de otros.

Lo primero que dice Carlos Santiago, uno de los miembros de la organización Colombia Libre de Fracking y quien sigue desde hace varios años con detenimiento los avances de este tema en el país, es que aquí sí hay una confusión: “El debate debe ser con información real”. Explicó que lo que muestran las fotos que están circulando por redes no son equipos de fracking, son equipos de sísmica que pertenecen a la empresa polaca ‘Geofizyka Torún’, a la que la Agencia Nacional de Hidrocarburos le adjudicó “el programa sísmico cordillera 2D /2017 con vibros en Boyacá’.

Este proyecto, que abarca 13 municipios del occidente de Boyacá y uno de Cundinamarca, pretende estudiar la geología del lugar para determinar si tiene potencial de hidrocarburos. Para Carlos Santiago aquí está el problema: aunque el resultado de esos estudios de sísmica puede ser yacimientos convencionales (no fracking), esas mismas zonas están incluidas en mapas de la ANH sobre potenciales áreas de no convencionales. De ahí la desconfianza que se ha generado.

El gobernador Amaya fue enfático en manifestar que en su gobierno “nunca permitirá fracking en el departamento, y que parte de la columna vertebral de su política es el cuidado del ambiente y los recursos naturales”.

De otra parte, la Dirección de Ambiente del Gobierno de Boyacá, aclaró que hoy en día no se está presentando ningún proceso de explotación petrolera mediante ‘fracking’ en el departamento. (Imagen: ilustración construida por Grupos de Estudios Extractivos y Ambientales del Magdalena Medio a partir de datos del Mapa de Tierras del ANH en el que se ven los potenciales bloques de hidrocarburos no convencionales).

Estefany Grajales, del Movimiento de Mujeres Defensoras de Territorio y Naturaleza de Boyacá, también desmiente la presencia de fracking en este momento en Boyacá pero cree que “la Agencia Nacional de Hidrocarburos con Fonade están imponiendo estudios en territorios sin consentimiento de las comunidades. Ese el primer paso abrir puertas al sector petrolero en zonas con otra vocación económica”.

Aclaró que las fotos que circulan en internet corresponden a municipios como Caldas, Tinjacá, Chiquinquirá, Sáchica, entre otros, donde se adelantan los estudios de sísmica. Y explicó que en el Lago de Tota, citado por algunos tuitueros, se desarrolla un problema distinto. Allí la multinacional petrolera Maurel & Prom ya realizó exploraciones de hidrocarburos convencionales (no fracking) y planea realizar perforaciones en jurisdicciones de los municipios de Corrales, Tasco, Busbanzá y Betétiva. Funcionarios de la empresa revelaron, como lo reseñó Caracol Radio, que entre sus planes está adelantar un proyecto hasta el año 2020 con inversiones cercanas a 14 mil millones de dólares.

Días atrás, Omar Mejía, vicepresidente técnico de la ANH, aseguró que el objetivo de las exploraciones en Boyacá no es otro que obtener información del subsuelo colombiano y ponerla a disposición de diferentes sectores.

En un comunicado, la ANH aclaró que "estos trabajos investigativos los realiza la ANH en el marco del proyecto denominado Adquisición y Procesamiento de Información Sísmica de la Cordillera 2D, que contribuye a soportar estudios como el de planeación del territorio, de amenazas geológicas, sismicidad, determinación de fallas geológicas y sus riesgos asociados y prospección para hidrocarburos". También que se están utilizando herramientas de adquisición geofísica de muy bajo impacto, tales como la sísmica con vibros y la magnetotelúrica.

Para Carlos Santiago, si bien es cierto que se está desinformando sobre los detalles de lo que ocurre en Boyacá, también es cierto que la ANH desde su propia página web está planteando a través de sus mapas zonas susceptibles de explotación de hidrocarburos no convencionales y, en esa medida, justifica el temor entre las poblaciones que viven en esos lugares.

Estefany Grajales, quien sigue de cerca las protestas en el departamento de Boyacá, cree que el Gobierno Nacional y la ANH no han entendido que simplemente es "tanta la oposición a la explotación de hidrocarburos en zonas con otra vocación económica, que la gente no está interesada en escuchar nada al respecto, no quieren socialización de proyectos, prefieren que las inversiones se hagan en el campo, en cuidado ambiental, en protección del patrimonio cultural".



“Discusiones sobre la práctica del fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos”

Investigador: Carlos Andrés Mazo Murcia

120



Sesión #3.

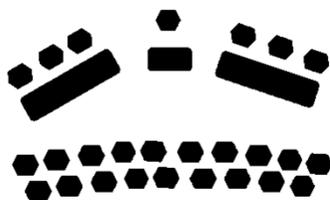
Actividad: Panel de expertos: consensos y disensos sobre el fracking en Colombia.

Objetivo: promover reflexiones metacientíficas en los estudiantes a partir del análisis de asuntos científicos, sociales, políticos, éticos y ambientales asociados a la técnica del fracking.

Objetivo: Orientar en un panel de expertos diversas posturas con respecto a la implementación del fracking en Colombia, desde la perspectiva de múltiples agentes sociales.

Orientación: a partir de algunos agentes identificados en la sesión anterior (crítica de fuentes), se asignan algunos roles a los estudiantes quienes asumirán el papel de expertos en un panel, el cual es dirigido por el maestro y la participación activa de los estudiantes como público que interactúa por medio de preguntas a los panelistas

Esquema del panel



Tiempos: tiempo total 2 horas. Saludo y presentación de la actividad por parte del profesor 5 minutos. Cada experto tendrá 5 minutos para exponer y 3 minutos para responder las preguntas previamente planteadas por el público.

Roles:

Pro	Contra
Ministro de ambiente	Gobernador de Boyacá
Ministro de minas y energía	Líderes comunitarios
Ingeniero de petróleos	Biólogo



“Discusiones sobre la práctica del fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos”

Investigador: Carlos Andrés Mazo Murcia



Sesión #4.

Actividad: Debate crítico: “Resolución de controversias sobre el fracking en Colombia” para la toma de decisiones informadas en la participación democrática.

Objetivo: Promover discusiones alrededor del fracking en los educandos, como espacio argumentativo para fomentar la participación democrática desde la toma de decisiones informadas.

Objetivo: Proponer un debate sobre el fracking en Colombia como espacio dialógico sobre diversas posturas cimentadas desde conceptos disciplinares, planteados por las partes en disputa.

Orientación: se propone una tesis inicial, desde donde se formula una confrontación no competitiva entre una bancada protagonista que defiende la afirmación, y una bancada que argumenta en contra de esa afirmación o bancada antagónica: “Es posible la implementación responsable del fracking en Colombia desde ambiental económico y social”, esta confrontación “dialógica”, debe llevar hacia una tesis final, que los participantes se proponen alcanzar de manera cooperativa, pero no negociada. En este debate no se genera un ganador, sino al contrario se llega a una nueva postura. El debate está compuesto por cuatro fases de una discusión crítica (1) reporte de investigación, (2) debate restringido, (3) debate abierto, y (4) cierre resolutivo. La etapa de investigación se da como realizada en las tres sesiones anteriores donde se expuso desde múltiples puntos de vista la problemática.

Esquema del Debate



Tiempos: 15 minutos para explicación de dinámicas y reglas del debate crítico, 15 minutos para preparar las exposiciones iniciales (preparación para debate restringido), 10 minutos para las exposiciones, 15 minutos para confrontación de argumentos, (debate restringido) 25 minutos para argumentación (debate abierto), 10 minutos para preparar clausura, 10 minutos para cierre resolutivo. Para un total de 100 minutos.



“Discusiones sobre la práctica del fracking en Colombia: una cuestión Sociocientífica para promover en los educandos el desarrollo del pensamiento científico y su formación como sujetos políticos”

Investigador: Carlos Andrés Mazo Murcia



Parte 2

A. Devolución general del debate y promesa de retroalimentación

B. Cuestionario final (taller #3)

Con respecto de la implementación de la propuesta pedagógica en tu salón de clases, responde

¿Qué es lo que más te gusto de esta experiencia?

¿Qué aprendiste en general?

¿Qué conceptos nuevos crees haber aprendido? Realiza un listado y trata de definirlos lo mejor posible por favor.

¿Cuál debe ser el papel de la ciudadanía, respecto a problemas que afecten al ambiente?

¿después de vivir esta experiencia, crees que tu imagen de ciencia ha cambiado?

Realiza de nuevo el diagnostico enviado al correo queeselfracking@gmail.com al cual puedes acceder con la siguiente contraseña: velezarroyave

Recuerda que solo los que ingresen a este correo y resuelvan el formulario pueden alcanzar la valoración correspondiente a esta actividad.

C. Motivación sobre el accionar sociopolítico de la ciudadanía informada.

Hemos realizado algunas actividades dirigidas hacia el accionar sociopolítico, desde la ciudadanía informada, pues ustedes no van a ser ciudadanos, ya lo son.

Después de entender algunas generalidades obre el fracking, de realizar una mirada crítica a diversas fuentes de información, de asumir roles como expertos o público participativo, en pro y en contra de la fractura hidráulica, y por ultimo debatir sobre esta controvertida técnica surge una gran pregunta... ¿Qué podemos hacer?

Acaso será suficiente con “entender” la problemática ¿?

¿Cómo afecta dicha problemática nuestra salud, lo hace de forma indirecta?

Compromisos y acciones como ciudadanos informados

“Un reto para la acción”.

Presentación posterior a las sugerencias dadas por ellos.

(con un asterisco se presentan las ideas aportadas por los participantes)*

Podcast.

YouTube.

Meme.

Carta.

Afiches.

Clases dadas por ellos.

Cambio en el estilo de vida. *

Elaboración de folletos.

Afiches informativos.

Revisión y participación en redes sociales.

Posteriormente los educandos pegan una etiqueta con su nombre alrededor de la idea que piensan apoyar.

Registro fotográfico visita de un experto. participantes



Registro fotográfico panel de expertos. participantes



Registro fotográfico debate crítico participantes



Registro fotográfico de Compromisos y acciones como ciudadanos informados.
Participantes



Registro fotográfico de Compromisos y acciones como ciudadanos informados.
Participantes

