



Universidad
Zaragoza



CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

LA FRACTURACIÓN HIDRÁULICA

MÁSTER EN PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA, BACHILLERATO,
FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS, ARTÍSTICAS Y DEPORTIVAS.

ESPECIALIDAD BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

TRABAJO FIN DE MÁSTER: CURSO 2014/2015

AUTOR: Isabel Chueca García

DIRECTOR: Beatriz Bravo Torija

Universidad de Zaragoza

ÍNDICE:

Introducción y justificación del trabajo	2
Relación con el máster de secundaria	3
Tema de aplicación	4
- Marco teórico	4
Metodología	6
- Desarrollo de la actividad	6
- Descripción de la actividad	7
- Metodología de análisis de la argumentación.	13
Desarrollo de la actividad-resultados	17
Conclusiones y propuestas de mejora	23
Referencias bibliográficas	25
Anexo	28

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

En el presente trabajo se evalúa el proceso de razonamiento de los estudiantes de un aula de 1º de Bachillerato de Biología y Geología. Para conseguir este fin se analizará la calidad de los argumentos que utilizan a la hora de exponer una opinión propia. Como tema central se utiliza la fracturación hidráulica en Aragón. Los estudiantes deben posicionarse a favor o en contra de la implantación de esta técnica en el territorio donde residen. Deben redactar un documento en el que incluyan las ventajas e inconvenientes del fracking y su opinión argumentada y justificada en base a datos y pruebas.

Con esta actividad se pretende que los estudiantes desarrollen el razonamiento científico con un tema de actualidad. Al tratarse de una controversia socio-científica en la que no hay un consenso social, permite tratar un mismo asunto desde diferentes puntos de vista. De esta forma, los alumnos deberán formarse una opinión propia, basada en pruebas, datos o evidencias y no en la postura de un determinado sector de la población u otro.

Se persigue también que los alumnos sean conscientes de la implicación que tiene en la sociedad el desarrollo de la ciencia y la tecnología y que afronten con una actitud crítica asuntos de índole no solo científica sino también política, social, cultural, etc.

Para analizar los documentos van a tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- El tipo de datos que son utilizados por los estudiantes para construir sus argumentos y la frecuencia con la que utilizan estos.
- La calidad argumentativa considerando el número de conclusiones justificadas en base a los datos, y el número de relaciones que establecen entre datos y teoría.

Se ha analizado la calidad de la argumentación de los alumnos utilizando el modelo argumentativo de Toulmin (1958) (Rodríguez, 2004) teniendo en cuenta los datos, pruebas y conclusiones y la modificación que hicieron Kelly y Takao (2002) considerando argumentos de mayor complejidad a los que se llega a través de argumentos consecutivos.

Tras evaluar los resultados puede decirse que con esta actividad se consiguen los objetivos perseguidos ya que, los alumnos llegan a elaborar argumentos complejos utilizando incluso refutaciones y contraargumentos.

RELACIÓN CON EL MÁSTER DE SECUNDARIA

Una de las actividades del master que ha influido en el diseño de esta actividad ha sido la charla de Antonio de Pro Bueno “Enseñar ciencias. Enseñar competencias. Hacer ciudadanos ¿Algo más?” que asistimos con la asignatura de “Fundamentos de diseño instruccional y metodologías de aprendizaje de las especialidades de Física y Química y Biología y Geología.

Esta charla me sirvió para comprender la relación existente entre las competencias básicas que marca la Unión Europea y las competencias que marca el currículo de LOE y LOMCE.

De Pro explicaba con ejemplos prácticos qué debemos cambiar en la metodología y actividades que se realizan en clase para que los alumnos adquirieran estas competencias. Una de las medidas que proponía era incluir la investigación e indagación en el aula e invitar a los alumnos a pensar. Con la actividad del fracking se ha intentado cubrir la faceta documental de la investigación y se ha invitado a los alumnos a reflexionar sobre datos y pruebas para que llegaran a una conclusión.

Otra de las consideraciones que hacía de Pro era que la finalidad del conocimiento que se enseña en el aula no debía centrarse solo en su formación como futuros ciudadanos sino que debía estar enfocada a su utilidad en el “ahora”. Esta idea me llevó a reafirmar mi decisión para escoger el tema del fracking. Es un problema que está generando controversia en la actualidad, hay numerosas noticias de prensa relacionadas con esta temática, carteles informativos, movimientos ciudadanos y manifestaciones. Lo que permitía vincular los contenidos teóricos con un contexto real ajeno al centro educativo.

La segunda de las actividades que me ha servido para estructurar el desarrollo de este ejercicio ha sido la presentación de proyectos de innovación que realizamos en “Evaluación e innovación docente e investigación educativa en Biología y Geología”. En esta asignatura dedicamos una sesión de clase a presentar varios proyectos de innovación que sirvieron en gran medida para ver nuevas ideas y medidas de actuación.

Previa a la planificación de esta actividad, consulte varios de estos proyectos de innovación propuestos en clase (“Volcanic Hazards”, “The Mexican Earthquake”, “A sand and gravel prospect” y “Stillwater reservoir”). En un primer momento pensé llevar a cabo un ejercicio con trabajo cooperativo que incluyera estos cuatro proyectos. Sin embargo, la tratar el tema de la fracturación hidráulica me pareció más conveniente.

Tomé algunas de las ideas que proponían estos proyectos para diseñar la actividad del fracking. Dentro de los contenidos de “A Sand a Gravel Prospect” se trabajaba el impacto en el medioambiente derivado de la extracción de áridos. Con el tema de la fracturación hidráulica se podían trabajar las afecciones medioambientales derivadas de la extracción de hidrocarburos no convencionales. En “The Mexican Earthquake” los alumnos debían tomar decisiones con argumentos científicos, tema que me sirvió como principal objetivo para esta actividad. Una de las competencias de “Volcanic Hazards” era interpretar información cartográfica por lo que pensé incluir mapas geológicos en el ejercicio del fracking. Por último, tomé de “Stillwater Reservoir” la idea de analizar problemas en términos científicos, tecnológicos y sociales.

Algo que también me pareció muy interesante de algunos de estas propuestas y que luego llevé al aula era la representación de diferentes sectores de la población por parte de los alumnos. Me parecía que podían adquirir una visión más realista de cómo funciona la sociedad.

Otra de los planteamientos que en mi opinión era muy atractivo fue la utilización del trabajo grupal ya que los alumnos podían desarrollar su capacidad de razonamiento a través del trabajo en equipo. Podían trabajar también su expresión oral y aprender a defender su postura.

TEMA DE APLICACIÓN

Marco teórico

Según el proyecto PISA se considera competencia científica a *“la capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con las ciencias. Asimismo, comporta la competencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humana, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo”* (OCDE, 2006).

En el currículo de la LOE se define la competencia en conocimiento e interacción con el mundo físico como: *“La habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se*

posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos. En definitiva, incorpora habilidades para desenvolverse adecuadamente, con autonomía e iniciativa personal en ámbitos de la vida y del conocimiento muy diversos (salud, actividad productiva, consumo, ciencia, procesos tecnológicos, etc.) y para interpretar el mundo lo que exige la aplicación de conceptos y principios básicos que permiten el análisis de los fenómenos desde los diferentes campos de conocimiento científico involucrados” (MEC, 2007).

Teniendo en cuenta estas dos definiciones se ha dado un enfoque CTS a la actividad ya que según Osorio (2002), con este tipo de enfoques se consigue también analizar la sociedad en su conjunto y que los estudiantes reflexionen sobre las implicaciones que la ciencia puede tener en esta. Tomarán conciencia así no solo de las repercusiones que el desarrollo científico puede tener en el ser humano, el medio natural y la sociedad sino también como, a su vez, su evolución se ve condicionada por factores tecnológicos, sociales, económicos, industriales, políticos, sociales o éticos. De esta forma se trabajará el pensamiento crítico, la capacidad de argumentar en base a pruebas, la destreza documental de la investigación, la toma de decisiones y la argumentación. Según Zohar y Nemet (2001) el estudio de dilemas en cuestiones científicas mejora no solo el conocimiento científico sino también la capacidad argumentativa. Se persigue que los estudiantes se formen como ciudadanos conscientes del papel que juega el desarrollo de ciencia y la tecnología en nuestras vidas, sean capaces de tomar decisiones bien informadas y de participar en la sociedad (Felipe, 2013). Además, se pretende que aprendan a utilizar la indagación y la investigación en otros ámbitos que no tienen por qué estar relacionados con la ciencia.

Para incentivar la motivación de los estudiantes se ha tratado un tema de actualidad en el territorio aragonés como eje vertebrador del proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta forma se vincularán los conocimientos aprendidos con un ámbito externo al aula y dejarán de ver la geología como un ente aislado de la sociedad. Además, el aprendizaje se producirá de una forma significativa si se enseña en un contexto real (Rioseco y Romero, 1997).

Se ha elegido la temática de la fracturación hidráulica en Aragón. Es un tema polémico en el que no hay un consenso en el mundo científico en cuanto a las bondades o perjuicios de su aplicación. Se trata pues, de una controversia socio-científica que

permite dar a la actividad un enfoque basado en Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS). Esto permite aprender geología a la vez que se estudian sus fines y utilidades sociales. Los estudiantes, a su vez, establecerán vínculos emocionales con el trabajo ya que se contextualizará en el territorio donde residen.

El carácter innovador de la propuesta radica en la dificultad que existente en encontrar en prensa noticias controvertidas que muestren diferentes posturas y puntos de vista (Díaz y Jiménez-Liso, 2012). En este caso, no resulta difícil encontrar artículos que muestren el carácter controvertido de su aplicación.

Los alumnos no sólo aprenderán conceptos, procedimientos y destrezas propios de la geología sino que se harán conscientes de las repercusiones que el desarrollo de la ciencia puede tener en la sociedad y el medioambiente. Podrán observar también como la evolución de la ciencia puede verse condicionada a su vez por factores económicos, políticos, sociales, culturales, éticos, etc.

Los estudiantes deberán tener en cuenta las argumentaciones y opiniones que mantienen diferentes sectores de la población sobre la implantación de esta técnica. Al finalizar la actividad, deberán posicionarse a favor o en contra de la fracturación hidráulica en el territorio aragonés argumentando su opinión basada en datos y pruebas.

Se pretende promover el razonamiento científico a través de la argumentación y que los alumnos alcancen un alto grado de complejidad en sus argumentos (Blanco y Díaz, 2014). Con este trabajo se analizará la capacidad de razonamiento de los estudiantes a través del grado de complejidad de su argumentación.

METODOLOGÍA

Desarrollo de la actividad

La actividad se realizó para la materia de Geología de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato. El aula se componía de 35 alumnos y alumnas que presentaban muchas inquietudes en materia de ciencias. Parecían tener muchas ganas de aprender, aprendían muy rápido y se veían atraídos por los retos. Sin embargo no parecían muy motivados en el área de geología. La mayoría querían estudiar carreras universitarias relacionadas con ciencias de la salud y el temario relacionado con las Ciencias de la Tierra no les generaba demasiado interés.

Para mejorar la interacción entre las personas que componían el aula, el trabajo se llevó a cabo a través de aprendizaje cooperativo de tipo rompecabezas. Se trataba de incentivar así el aprendizaje autónomo de los estudiantes desarrollándose la capacidad de expresión oral y escrita. Los alumnos se prepararán para ser ciudadanos (Rué, 1991) a través del trabajo cooperativo.

El conocimiento que adquirieron los alumnos estaba no sólo relacionado con parte de los contenidos propios de la materia de geología de 1º de bachillerato sino también con la propia técnica del fracking, la polémica que está generando su implantación en el territorio Aragonés y sus posibles impactos ambientales. Además, el alumnado, podría adquirir destrezas de manejo de recursos web, toma de decisiones, argumentación o pensamiento crítico aprendiendo a participar en la sociedad como ciudadanos.

Como tecnologías de apoyo se utilizó la sala de ordenadores del centro, ordenadores portátiles, internet, presentaciones en formato Prezi y Power Point y el procesador de texto Google Docs.

Descripción de la actividad

La actividad se llevó a cabo en 7 sesiones. La estructuración de estas sesiones se describe en el siguiente apartado. En 7 de las sesiones se utilizó el aula ordinaria y en una de ellas la sala de ordenadores del centro.

Los alumnos se organizaron en grupos de expertos y grupos base ya que se utilizó la técnica de trabajo cooperativo en rompecabezas. Los 35 alumnos del aula se agruparon en 7 grupos de expertos de 5 personas y 5 grupos de base de 7 personas.

Además se utilizaron los siguientes recursos:

- Proyector para presentaciones.
- Libro de texto: Castillo, A., Meléndez, I., Madrid, M.A. (2008). Biología y Geología 1º de Bachillerato. Madrid: Santillana.
- Ordenadores portátiles con conexión a internet.
- Documentación grupos de expertos (consultar bibliografía).

1. Objetivos y competencias:

En la siguiente tabla (Tabla 1) se relacionan algunos de los objetivos resumidos de la Orden de 1 de julio de 2008 del Boletín Oficial de Aragón por la que se aprueba el currículo de la Bachillerato con los objetivos de la actividad y las competencias que van a trabajarse.

Tabla 1. Relación entre objetivos generales, objetivos de la actividad y competencias básicas. (CIMF: Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, CSC: Competencia social y ciudadana, AIP: Autonomía e iniciativa personal, CMAT: competencia matemática)

Objetivos generales	Objetivos de la actividad	Competencias básicas
1. Conocer los conceptos, teorías y modelos más importantes y generales de la geología, aplicando estos conocimientos a situaciones reales y cotidianas, particularmente a aquellas que están directamente relacionadas con la realidad del territorio aragonés.	<ul style="list-style-type: none">- Adquirir y aplicar conocimientos de la geología a la técnica de fracturación hidráulica en el territorio Aragonés.- Interpretar columnas estratigráficas, mapas y cortes geológicos.	CIMF CSC
2. Integrar la dimensión social y tecnológica de la biología y la geología, comprendiendo las ventajas y problemas que su desarrollo plantea al medio natural, al ser humano y a la sociedad.	<ul style="list-style-type: none">- Integrar la dimensión social y tecnológica de la geología, comprendiendo las ventajas y problemas que plantea al medio natural.- Tomar conciencia de los diversos factores científicos, tecnológicos, sociales, políticos, económicos, culturales o éticos que influyen en el planteamiento y solución	CIMF CSC

	de problemas reales tales como la fracturación hidráulica.	
3. Utilizar con cierta autonomía destrezas de investigación, tanto documentales como experimentales (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, realizar experiencias, etc.), reconociendo el carácter de la ciencia como proceso cambiante y dinámico.	-Utilizar con autonomía ciertas destrezas documentales de la investigación como contrastar hipótesis, elegir fuentes fiables de información, manejar pruebas, datos, gráficos, etc.	CIMF AIP CMAT
4. Desarrollar actitudes que se asocian al trabajo científico, tales como la búsqueda de información, la capacidad crítica, el rigor y la objetividad, la necesidad de verificación de los hechos, el cuestionamiento racional de lo obvio y la apertura ante nuevas ideas, el trabajo en equipo, etc., con la ayuda de las tecnologías de la información y la comunicación cuando sea necesario.	-Desarrollar actitudes que se asocian al trabajo científico con la ayuda de las tecnologías de la información y la comunicación y el trabajo cooperativo. -Aprender a debatir, argumentar y participar en la sociedad formulando su propia opinión en un tema que genera controversia.	TIC CCL CPAA AIP

2. Contenidos:

- Ambientes y procesos sedimentarios.
- Interpretación de cortes, mapas geológicos y columnas estratigráficas sencillas del territorio Aragonés.
- Cambios en la corteza terrestre provocados por la acción humana.
- El trabajo de los geólogos.
- Métodos directos e indirectos para estudiar el interior terrestre.
- Rocas sedimentarias orgánicas.
- Aguas subterráneas.
- Origen, procesos de formación y tipos de hidrocarburos.
- Técnica de la fracturación hidráulica y sus repercusiones en la sociedad, cultura, medioambiente, salud, etc.
- Postura de varios sectores de la población (políticos, industria, científicos, etc.) con respecto a la implantación de la fracturación hidráulica en Aragón.

3. Criterios de evaluación:

Estos criterios de evaluación corresponden a los utilizados para evaluar la unidad didáctica durante el Practicum

- Es capaz de aplicar conocimientos propios de la geología a la técnica de fracturación hidráulica en el territorio Aragonés.
- Interpreta columnas estratigráficas, mapas y cortes geológicos sencillos.
- Integra la dimensión social y tecnológica de la realización del fracking, comprendiendo las ventajas y problemas que su desarrollo plantea al medio natural, al ser humano y a la sociedad.
- Es consciente de los diversos factores científicos, tecnológicos, sociales, políticos, éticos, etc. que influyen en el planteamiento y solución de problemas reales tales como la fracturación hidráulica.
- Utiliza con autonomía las destrezas documentales de la investigación.
- Se desenvuelve con las tecnologías de la información y la comunicación y es capaz de trabajar en equipo.
- Es capaz de debatir, argumentar y participar en la sociedad formulando su propia opinión en un tema que genera controversia.

4. Desarrollo de la actividad en el aula:

Para abordar esta actividad centrándonos en la técnica del fracking o fracturación hidráulica, el estudiante debería tener un conocimiento previo sobre rocas metamórficas y sedimentarias ya que debía comprender cuáles son las características de las rocas donde se emplazan los hidrocarburos que son extraídos a través de esta técnica. Además de las rocas donde se emplazan estos yacimientos, el alumno necesitaba unos conocimientos sobre la técnica en sí, los ambientes sedimentarios y los procesos de formación de los hidrocarburos y los posibles impactos medioambientales que puede acarrear el uso de esta método de extracción. Para explicar estos conceptos se dedicó una sesión teórica. En esta misma sesión se hizo una introducción breve de la polémica que ha generado este método en la sociedad.

En el trabajo cooperativo, cada grupo de expertos representaba a un sector de la población afectada por el asunto del fracking.

Los grupos de expertos seleccionados fueron los siguientes: Plataforma ciudadana, ecologistas, industria, políticos, geólogos, ilustre colegio oficial de geólogos y científicos críticos. Cada uno de ellos ha contado con la siguiente información de partida que aparece en la lista de referencias bibliográficas:

1. Plataforma Ciudadana: Manifiesto Plataforma ciudadana Zaragoza Sin Fractura.
2. Ecologistas: Panfleto de Ecologistas en Acción y Greenpeace sobre el fracking.
3. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG): Dos artículos sobre el posicionamiento del ICOG ante la fracturación hidráulica.
4. Políticos: Dos artículos de periódico sobre la postura y las medidas que va a tomar el Gobierno para incentivar la explotación de este tipo de recursos.
5. Industria: Documento con los argumentos de la empresa Shale Gas España defendiendo este método y un gráfico sobre la emisión de CO₂ debida a la quema de gas natural del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
6. Científicos críticos: Entrevista a Antonio Turiel, Científico CSIC sobre su opinión ante el fracking.
7. Geólogos: Documento con mapas, cortes y columnas estratigráficas de algunas zonas de Aragón dónde hay solicitados y aprobados proyectos de explotación de hidrocarburos mediante esta técnica. Se ha tomado un fragmento de la

información contenida en una charla de la UNED sobre la fracturación hidráulica y en un informe del Instituto Geológico y Minero de España.

Cada grupo de expertos debería realizar una presentación con Power Point, Prezi u otros formatos defendiendo la postura que les había sido asignada. Debían exponer los datos, pruebas y argumentos en los que cada sector basa su posicionamiento.

Se dedicó una sesión para que los alumnos elaboraran la presentación y consultaran más información en la red en la sala de ordenadores del centro.

Posteriormente a esta presentación, se reunieron los 5 grupos base. Estos grupos estaban formados por 7 alumnos cada uno proveniente de un grupo de expertos. Cada uno de los expertos debía compartir la información que había recopilado en su grupo de expertos con su grupo de base.

Finalmente, cada grupo base debía elaborar un documento escrito en el que constarán las ventajas e inconvenientes de realizar esta técnica y su postura argumentada a favor o en contra de la realización de proyectos de fracturación hidráulica en Aragón.

5. Temporalización de la actividad:

Sesión 1: (Clase teórica): Introducción sobre la temática del fracking, la polémica suscitada en la actualidad ante este asunto y los posibles impactos medioambientales. También se trataron los tipos de ambientes sedimentarios donde se originan los hidrocarburos, los procesos diagenéticos de formación y los tipos de hidrocarburos. Posteriormente a la explicación teórica se presentó la propuesta de trabajo cooperativo en rompecabezas y se elaboraron los grupos de expertos.

Sesión 2: Se facilitó a cada grupo de expertos los documentos mencionados en el apartado anterior, de los que extraerían las ideas principales.

Sesión 3: Los grupos de expertos buscaron más información y elaboraron la presentación en la sala de ordenadores del centro.

Sesión 4: Cada grupo de expertos realizó su presentación en formato Power Point, Prezi u otros. Las presentaciones tenían una duración máxima de 10 minutos. En caso de que todos los grupos utilizaran los 10 minutos de su presentación, se dedicaría parte de la sesión posterior a finalizar las presentaciones.

Sesión 5: Se reunieron los grupos de base. Comenzaron a recopilar la información y a elaborar el documento.

Sesión 6: Los grupos de base continuaron con la redacción del documento escrito. Para esta sesión se utilizaron 5 ordenadores portátiles del centro, uno por grupo de base.

Sesión 7: Debate entre grupos de base exponiendo su postura ante la aplicación de la técnica de la fracturación hidráulica en Aragón. Posteriormente los alumnos realizaron la coevaluación y autoevaluación que se explicará en el apartado de evaluación.

6. Evaluación de la actividad en el aula:

Se utilizó una rúbrica para evaluar esta actividad en clase. Dentro de la rúbrica se contempla la presentación de los grupos de expertos, los documentos escritos de los grupos de base, una autoevaluación y una coevaluación del trabajo en grupo y de los contenidos aprendidos. Para este trabajo solo se analizarán los documentos escritos.

Metodología de análisis de la argumentación

El documento que debían escribir los alumnos constaba de dos apartados como se ha mencionado con anterioridad. En un primer lugar, debían enumerar las ventajas e inconvenientes de la implantación de la fracturación hidráulica en Aragón. En el segundo apartado debían posicionarse a favor o en contra del fracking en Aragón, utilizando argumentos y contra-argumentos basados en pruebas proporcionadas por la información trabajada en los grupos de expertos.

Considerando los objetivos que se propone este trabajo, en primer lugar se ha analizado el número de fuentes utilizadas por los alumnos y la frecuencia con que los han utilizado. Para proceder con este análisis se disponía de un documento de base en el que se ha recopilado toda la información de la que disponían los alumnos (Anexo I). Este documento se ha estructurado en ventajas e inconvenientes del uso del fracking. Para facilitar el análisis de los documentos entregados por los alumnos/as, los datos se han coloreado tanto en el documento de base como en los documentos aportados por los alumnos. Cada uno de los colores representa a la información aportada por cada grupo de expertos. Esta información ha sido copiada de forma literal en el documento de base

para discernir en qué momentos los alumnos se ceñían a la mera cita de datos o por el contrario, eran ellos mismos los que elaboraban sus justificaciones.

En segundo lugar se ha analizado el proceso de razonamiento de los alumnos a través de la calidad sus argumentos (Blanco Anaya y Díaz Bustamante, 2014). Para ello se ha utilizado el modelo de argumentación de Toulmin (1958) en el que se tienen en cuenta los datos, pruebas y conclusiones, y la ampliación que hicieron Kelly y Takao (2002) en la que se consideran argumentos de mayor complejidad a los que se llega a través de argumentos consecutivos.

Todos los grupos han utilizado un argumento principal con una conclusión, la oposición al fracking, y una justificación principal, dando más peso a los inconvenientes y posibles riesgos que a las ventajas de la implantación de esta técnica en Aragón. Por ejemplo, en uno de los grupos de base, el 4, su argumentación comienza diciendo:

“En este grupo de expertos hemos llegado a un claro [NO AL FRACKING] (...). Hemos llegado a esta posición por los diferentes argumentos que cada grupo de expertos ha propuesto y también, por la gran diferencia de número de inconvenientes con respecto a las ventajas”.

Si analizamos este argumento según el modelo de argumentación de Toulmin (1954) la conclusión sería [No al fracking] y estaría justificado por *“la gran diferencia de número de inconvenientes con respecto a las ventajas”*.

Se ha tomado este argumento como argumento de partida y se han analizado las justificaciones intermedias que hacen hasta llegar a este. Para este estudio se han creado varias categorías de tipos de justificaciones y se ha establecido una jerarquía entre ellas de menor a mayor grado de complejidad. Se ha contabilizado el número de veces que utilizan cada tipo de justificación, la cantidad de cita de datos sin conclusiones o justificaciones y las conclusiones que no están basadas en datos o pruebas. En la tabla 2 se recoge el tipo de categorías, su definición y un ejemplo ilustrativo de las justificaciones que han utilizado los alumnos. Estas últimas, constan de uno o varios datos en el que apoyan su justificación y una conclusión que se ha resaltado entre corchetes.

Tabla 2. Categorías establecidas para analizar la calidad de la argumentación.

Categoría	Definición	Ejemplo
Citas de datos	Cita de datos de forma literal sin llegar a una conclusión.	“Las instalaciones y el material tienen un alto coste.” (Dato).
Conclusiones sin pruebas	Conclusiones que no están apoyadas por ningún dato ni justificación.	“Aragón y por lo tanto España, se convertiría en un país más industrializado y desarrollado, lo que implicaría un auge industrial y económico.”(Conclusión sin pruebas).
Nº de justificaciones apoyadas en un dato	Justificación de su argumento principal apoyada en un dato.	“Desde el punto de vista industrial y económico, [la rentabilidad también sería muy baja]” (conclusión) “ya que las rocas madre de Aragón sólo cuentan con el 1% de gas natural” (dato) “y sería más el coste que los beneficios obtenidos finalmente” (justificación).
Nº de justificaciones en las que relacionan las informaciones de los expertos	Justificación que utiliza varios datos procedentes de documentos de diferentes grupos de expertos.	“La siguiente sería la [ausencia de terreno libre para esta práctica,]” (conclusión) “ya que en su mayoría, la tierra que no edificada en Aragón está destinada a actividades como la agricultura, ganadería, turismo,... y que es la práctica laboral de la mayoría de habitantes de las zonas rurales” (dato plataforma ciudadana), “ya que recordamos, el Fracking no implica únicamente la ocupación de un pozo sino grandes dimensiones de terreno” (dato ecologistas).
Nº de relaciones entre la	Justificación en la que se relacionan datos de	“[Estas contrariedades (los inconvenientes) afectarían a gran parte

información de los expertos y el conocimiento previo.	los expertos con su conocimiento previo o con información tratada en clase con anterioridad.	de la población arriesgando la vida de éstos,]” (conclusión) “ya que hablamos de que probablemente se generen movimientos sísmicos” (dato geólogos) “y contaminación de los acuíferos” (dato geólogos y ecologistas) “que proporcionan agua a las viviendas del municipio.” (Conocimiento previo).
Nº de contraargumentos y refutaciones.	Justificaciones que contra-argumentan algún dato o argumento y/o refutaciones.	“Crearía puestos de trabajo,” (dato industria) “pero también quitaría el trabajo en el campo.” (refutación)
Nº de justificaciones totales	Número total de justificaciones en el que no se incluye la cita de datos ni las conclusiones sin pruebas.	

Además, se ha considerado también la existencia de refutaciones del argumento principal, por ejemplo, el grupo dos refuta su argumento principal de la siguiente forma:

“Teniendo en cuenta todo esto, hemos decidido [no apoyar el “fracking]” (conclusión) “debido a las numerosas y preocupantes desventajas y a las pocas ventajas que os hemos citado anteriormente” (justificación). Sin embargo, apoyaríamos la fracturación hidráulica (debido a sus grandes beneficios y a la reducción del paro principalmente) si se nos garantizase una alta cualificación, una alta calidad de materiales y una gran inversión para prevenir accidentes, (refutación) aunque pensamos que si invertimos en esto, no habría apenas beneficios (justificación que apoya el no al fracking).

Se ha considerado que los argumentos que contienen este tipo de refutaciones son de mayor calidad que los que no las tienen ya que, como afirma Rodríguez Bello (2004) las refutaciones son una anticipación a las objeciones que puedan hacerse de un argumento

y demuestran cómo una conclusión puede ser fortalecida por medio de sus limitaciones. Es decir, el autor o autores, al escribirlas han pensado en las posibles debilidades o excepciones de su aserción y se adelantan al posible debate o contradicción que pueda generar reafirmando su postura. Además, el modelo de Toulmin, no considera los argumentos como universalmente verdaderos sino que se plantean como un mecanismo para la evolución del conocimiento. La utilización de este tipo de contraargumentos denota un mayor desarrollo argumental.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD - RESULTADOS

Número de fuentes y frecuencia con que las utilizan.

En este primer apartado se van a analizar el número de fuentes que utiliza cada grupo y la frecuencia con la que utilizan cada una, es decir, el número de datos de un determinado grupo de expertos que han incluido en su argumentación. Los resultados se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Número de fuentes y frecuencia de utilización de cada una. (Abreviaturas: ICOG: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos; Plataforma: Plataforma ciudadana; Científicos: Entrevista a Antonio Turiel (CSIC))

GRUPO		1	2	3	4	5	
NUMERO DE FUENTES		5	7	7	6	4	TOTAL
FRECUENCIA	ICOG	1	3	2	-	-	6
	Plataforma	3	1	1	1	1	7
	Científicos	-	1	1	1	-	3
	Políticos	-	2	1	1	-	4
	Industria	1	2	3	1	1	8
	Ecologistas	2	7	7	10	5	31
	Geólogos	3	4	4	7	3	21
	TOTAL	10	20	19	21	10	

Ante los datos de esta tabla pueden hacerse varias observaciones. Con respecto al número de fuentes utilizadas. Son el grupo 2 y grupo 3 los que las utilizan todas. Todos los alumnos de estos grupos base participan en la elaboración del documento escrito. Sin embargo, en el resto de grupos hay alguna fuente que no ha sido tratada, no se han utilizado ni valorado los datos de algún determinado documento. Por ejemplo, si observamos la tabla 3, el grupo 5 no ha utilizado datos de los grupos ICOG, Científicos ni Políticos.

Se había explicitado que los documentos debían contener información de todos y cada uno de los grupos de expertos. Partiendo de esta base puede evaluarse a los alumnos que representaban a este grupo de expertos del que no hay representación. El estudiante no ha sabido transmitir la información bien porque no la ha comprendido, bien porque no ha sabido hacerse escuchar o porque no ha participado.

Otra posibilidad es que la información de partida facilitada no estuviera bien seleccionada. En este caso en concreto, los grupos de expertos de los que faltan datos son el ICOG (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos), los Políticos y los Científicos Críticos. Los estudiantes que representaban a estos dos primeros grupos tuvieron dificultades a la hora de elaborar la presentación. En el caso del ICOG, la postura era casi imparcial y no manejaban tantos datos como el resto. Los artículos que fueron facilitados a los Políticos se centraban principalmente en las medidas que iban a tomarse para incentivar las explotaciones de fracking, pero su postura no estaba argumentada en base a pruebas. Por lo tanto, no es de extrañar que los alumnos no consiguieran incluir datos de estos sectores en su discurso. En el caso del artículo que trabajaron los Científicos, la argumentación sí que utilizaba datos sólidos, en su mayor parte de EEUU, donde la técnica ya ha sido implantada. Los alumnos podrían haber utilizado estas pruebas para hacer una comparativa, sin embargo, no eran datos sencillos de interpretar y quizá pudo suponer una dificultad para estos.

Si nos centramos en la frecuencia con la que citan las fuentes, la más utilizada es sin duda la documentación de los ecologistas seguida de los geólogos. En el caso del grupo 4, la práctica totalidad de sus justificaciones se centran en datos de los ecologistas y geólogos (10 y 7 veces respectivamente) siendo la utilización de las demás fuentes meramente simbólica (1 vez cada una). Cabe señalar que varios grupos querían representar a los ecologistas cuando se hizo el reparto de los grupos de expertos y la mayoría de los alumnos estaban muy concienciados con el respeto al medioambiente.

Puede ser esta la razón por la que consideren los datos de los ecologistas más fiables que otros sectores de la población.

Calidad de la argumentación:

Como se ha comentado en el apartado anterior, hubo unanimidad en las respuestas de los estudiantes. Todos los grupos llegaron a la misma conclusión, no querían que se realizara la fracturación hidráulica en Aragón. Sin embargo el proceso mediante el cual llegaron a esta conclusión difiere entre los grupos.

El grupo 1, por ejemplo, comienza posicionándose a favor del fracking estableciendo condiciones. Tras trabajar los datos procedentes del grupo de Geólogos se decanta por el “no”. Su argumentación es la siguiente:

“Después de haber estudiado el Fracking, en una opinión general y siempre que se cumplieran estrictamente las medidas medioambientales” (Condición) “[estaríamos a favor]” (Conclusión 1) “siempre que esto no pudiera conllevar ningún riesgo para la población o medioambiente de la zona”. (Condición) “Sin embargo, tras los estudios realizados en Aragón, hemos comprobado que las desventajas superan en número y rentabilidad a las ventajas” (justificación) “por lo que debemos [oponernos al Fracking en este caso.]” (Conclusión 2)

Es decir, se oponen al fracking en la Comunidad Autónoma de Aragón y en estas circunstancias pero no a la aplicación de la técnica en otros territorios y con otras condiciones. Esto se debe a que han integrado en su justificación la información proporcionada por el grupo de Geólogos. Estos afirman que las características del territorio aragonés no parecen ser las idóneas para realizar la fracturación hidráulica. Fundamentan esta aseveración utilizando cortes geológicos, mapas de acuíferos, columnas estratigráficas y datos del contenido en materia orgánica de las rocas.

El argumento no está del todo estructurado y da la impresión de ser contradictorio. Sin embargo, establecen condiciones, lo que le da mayor solidez. Si nos fijamos en las fuentes (tabla 3) no han utilizado la información procedente de los Científicos Críticos y Políticos. Puede que hubieran tomado una postura más clara si hubieran tenido en cuenta estos documentos. No utilizan una gran cantidad de subargumentos y su complejidad no es muy alta (tabla 4). Llegan a relacionar información de diferentes

fuentes peor no establecen relaciones con el conocimiento previo ni realizan contraargumentos.

Tabla 4. N° de citas de datos, conclusiones sin pruebas y tipo de justificaciones que establece cada grupo.

N° DE GRUPO	1	2	3	4	5	TOTAL
N° de citas de datos	2	4	8	10	2	28
N° de conclusiones sin pruebas	1	1	1		-	3
N° de justificaciones apoyadas en un dato	2	4	5	5	-	16
N° de justificaciones en las que relacionan las informaciones de los expertos	2	3	1	-	-	6
N° de relaciones entre la información de los expertos y el conocimiento previo.	-	-	-	1	2	3
N° de contraargumentos y refutaciones.	-	-	1	3	1	5
N° de justificaciones totales	5	7	7	9	3	31

El grupo 2, tras hacer un balance entre las ventajas e inconvenientes de la técnica, comienza diciendo lo siguiente:

“Teniendo en cuenta todo esto, hemos decidido [no apoyar el “fracking”]”
 (Conclusión) *“debido a las numerosas y preocupantes desventajas y a las pocas ventajas que os hemos citado anteriormente.”* (Justificación 1). *“Sin embargo, apoyaríamos la fracturación hidráulica (debido a sus grandes beneficios y a la reducción del paro principalmente) si se nos garantizase una alta cualificación, una alta calidad de materiales y una gran inversión para prevenir accidentes,”* (refutación)
“aunque pensamos que si invertimos en esto, no habría apenas beneficios.”
 (Justificación a la conclusión [no apoyar el “fracking”])

Hasta aquí no habían tenido en consideración las particularidades de la geología aragonesa pero continúan su argumentación diciendo: *“Además, lo que más nos opone contra el “fracking” en Aragón son las dificultades territoriales que nos encontramos en esta zona.”* (Justificación 2). Siguen concretando a qué se refieren con “dificultades territoriales” y concluyen: *“Por todo ello, decimos: [“NO AL FRACKING”]; “y solo cabría la posibilidad de aceptarlo adoptando las medidas anteriormente citadas.”* (Refutación).

Es decir, se oponen al fracking en Aragón a menos que se cumplan una serie de condiciones. La calidad de esta argumentación está mucho más elaborada que en el caso del grupo 1 incluyendo refutaciones a su argumento. Es decir, en su razonamiento han llegado a pensar en una posible situación que aunque en la actualidad no se cumple, podría cumplirse en un futuro. Este grupo además, tiene en cuenta todas las fuentes de información a la hora de redactar el documento (tabla 3). Justifican el argumento principal con dos justificaciones al que han llegado haciendo uso de 7 subargumentos (tabla 4), un número bastante elevado. Sin embargo, no llegan a relacionar los datos de los expertos con el conocimiento previo ni a elaborar contraargumentos.

El argumento del tercer grupo no es muy consistente porque, aunque incluye una refutación, no lo justifican. Escriben lo siguiente: *“Estamos [en contra de que se realice esta técnica,]”* (conclusión) *“al menos, hasta que no se aseguren unas condiciones.”*

Tendrían que certificar que no habría riesgos a la salud ni al medioambiente. Deberían estudiar más el método para rentabilizar.” (Refutación).

Sin embargo, proponen una alternativa: *“Pensamos que es mejor [realizar la explotación de energías renovables]”* (conclusión) *“que no tienen tantos efectos ni consecuencias como esta.”* (Justificación). Lo que indica un paso más en su razonamiento que podría abrir un nuevo debate.

Otro hecho a señalar de este grupo es que incluye un contraargumento en sus justificaciones. Es decir, la complejidad de sus justificaciones es mayor que en los casos anteriores. Tras leer el documento, da la impresión que han sido demasiado sintéticos en sus explicaciones pero que el conocimiento que tienen sobre el tema y su nivel de raciocinio es considerable. En el aula, este grupo, hacía preguntas muy interesantes como por ejemplo *“¿Cómo se produce el flujo del agua subterránea? ¿Son como ríos subterráneos o es barro?”*. Eran los más activos en el debate en torno al fracking,

tenían ideas muy buenas y llegaban a unas conclusiones muy rápidas a través del diálogo, pero no lo han plasmado en el documento.

El grupo 4 elabora el documento más extenso de todos y, aunque no utiliza todas las fuentes realiza 9 justificaciones, el número más elevado, hasta llegar a la justificación principal. Estás a su vez, son bastante complejas ya que, llegan a contra-argumentar hasta en tres ocasiones, Ej.:

“Intentan convencernos de que la industria de la fracturación hidráulica produciría empleo” (justificación) “[con el que la economía avanzaría.]” (Conclusión 1) “pero no es así, porque pensemos: por ejemplo si debemos destruir muchos campos para construir estas plataformas, todo el negocio de la agricultura se caería,” (refutación) “por lo que aquí ya [estaríamos destruyendo empleo.]” (Conclusión 2)

Por el contrario citan muchos datos de forma literal, hasta 10 (tabla 4) sin integrarlos en su discurso.

Su argumento principal parece más sencillo que el resto:

“En este grupo de expertos hemos llegado a un claro [NO AL FRACKING]” (conclusión) “por 5 votos a favor y 2 en contra que han sido la industria y los políticos.” (Justificación 1). “Hemos llegado a esta posición por los diferentes argumentos que cada grupo de expertos ha propuesto y también, por la gran diferencia de número de inconvenientes con respecto a las ventajas.” (Justificación 2).

Tienen en cuenta el número de votos para decidir su postura por lo que no parece haber un consenso. Si dos integrantes del grupo estaban a favor del fracking, deberían haber justificado por qué y haberlo incluido en su respuesta lo que habría hecho mucho más interesante.

No obstante, reafirman su postura realizando la siguiente reflexión:

“Al fin y al cabo, las empresas que han realizado este tipo de proyectos en EEUU no han dado buenos números ni por lo tanto buenos resultados.” (Dato Científicos Críticos) “Lo que nos hace dudar acerca de esto es que los medios de comunicación y los políticos únicamente nos dan los datos buenos,” (dato) “y esto será por algo: porque no quieren que los ciudadanos sean conscientes de sus riesgos,” (justificación) “ya que si estos proyectos se llevan a cabo, [la industria y los políticos ganarán mucho dinero pero perjudicaría a los demás sectores aparte de al medio ambiente.]”

(Conclusión). *“En este grupo consideramos que esta actitud no es ni ética ni políticamente correcta. Por último, reafirmamos nuestra postura como ¡NO A LA FRACTURACIÓN HIDRÁULICA!”*

Este argumento es bastante complejo. Además, a través de esta consideración se observa que han tenido en cuenta datos de lo sucedido en otros países (EEUU) con los que han realizado una comparativa, incluyen una opinión propia fundamentada en datos, llegan a una conclusión final teniendo en cuenta todos los datos que han manejado.

El quinto grupo, tras evaluar las ventajas e inconvenientes hace la conclusión que sigue: *“En conclusión, nuestra opinión se posiciona [en contra del fracking]”* (conclusión) *“por nuestra salud y bienestar, ya que como podemos comprobar son muchos más los contras que los pros, y no creemos que nos sea rentable apartar los perjuicios para mirar solo por los beneficios.”* (Justificación).

Como puede apreciarse, es el argumento más sencillo de todos. Este está apoyado en solo tres justificaciones que aunque relacionan con el conocimiento previo y contra-argumentan son un poco escasas. Sólo han utilizado cuatro fuentes para la redacción de su documento por lo que quizá no conocen todos los datos.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

Tras el análisis de la argumentación de los alumnos puede decirse que han desarrollado su capacidad de razonamiento ya que han llegado a conclusiones utilizando un número bastante elevado de justificaciones. El grupo 4, por ejemplo, llega a realizar 9 subargumentos para conformar su postura. Dentro de sus consideraciones incluyen aspectos relacionados con la calidad de los materiales utilizados en la perforación, las afecciones mediambientales, las repercusiones que puede tener en el empleo, entre otros, por lo que puede decirse que han integrado la visión científica, tecnológica y social en el proceso su proceso de reflexión

Con la realización de esta actividad se ha conseguido bastante implicación por parte de los alumnos. Se han tratado temas muy variados relacionados con las ciencias y, de haber tenido más tiempo, se podrían haber ampliado los contenidos ya que, eran los alumnos los que demandaban información. Es decir, tanto el tema del fracking como la forma de trabajo ha resultado ser de interés para los estudiantes de este grupo. Teniendo

en cuenta esto, tanto la temática como la metodología puede ser aplicable en otros grupos de secundaria para la didáctica de la geología.

Sin embargo, se ha considerado que la calidad de los argumentos podría haber sido mayor si los alumnos no hubieran tenido que incluir las ventajas e inconvenientes en el documento escrito. De haber escrito solamente su argumentación puede que hubieran llegado a una reflexión más profunda. Al incluir los pros y los contras, el proceso de deducción se ha visto condicionado por este esquema. En este apartado han añadido un elevado número de citas sin conexión con una conclusión. En total han añadido 28 citas de datos que no están relacionadas con la argumentación. Esto no sucede en el apartado en el que tienen que expresar su postura donde la cita de datos es casi inexistente.

Algunos de los grupos llegaban a justificar su postura de una forma mucho más sofisticada de forma oral que de forma escrita. De haber grabado las clases podría haberse estudiado con mayor detalle la evolución del razonamiento de los alumnos a través de la argumentación.

La documentación facilitada concerniente a los grupos de expertos del ICOG, Políticos y Científicos Críticos debe ser revisada en caso de volver a realizar esta actividad. En los dos primeros casos, los documentos no contenían una gran cantidad de datos por lo que deberían buscarse otros artículos o confeccionar otros documentos que incluyeran más pruebas. La entrevista facilitada al grupo de Científicos Críticos, por el contrario, basaba su opinión en números datos y pruebas que han podido resultar complejos para los alumnos. En base a estos resultados podría trabajarse este documento al finalizar la actividad. De esta forma, los alumnos habrían adquirido una visión más global del problema que ayudaría a la comprensión de esta entrevista.

Para finalizar, puede decirse que los alumnos han desarrollado su capacidad argumentativa con esta actividad, ya que sus argumentaciones han alcanzado un alto grado de complejidad incluyendo refutaciones, contraargumentos e incluso proponiendo alternativas como el grupo 3 que propone la explotación de las energías renovables frente a las no renovables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanco Anaya, P. y Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las ciencias*, 32.2, 35-52.

Castillo, A., Meléndez, I., Madrid, M.A. (2008). *Biología y Geología 1º de Bachillerato*. Madrid: Santillana.

Díez Esteban, M. (2014). Problemática y evaluación ambiental de la explotación de gas no convencional por fracturación hidráulica (FRACKING) en Aragón. 10-04-2014, de UNED - Cadena Campus Diferido Sitio web: https://www.intecca.uned.es/portalavip/grabacion.php?ID_Sala=3&ID_Grabacion=122713&hashData=43813d1a8e792873aa9b6e65b3ddfc4d

Díaz Moreno, N y Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70. <http://rodin.uca.es:8081/xmlui/handle/10498/14624>.

Ecologistas en Acción. (2013) ¿Qué es el fracking? 17-03-2015, de Ecologistas en Acción Sitio web: http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/fracking_basico.pdf

Felipe Soler, M. (2013) “Perspectiva Ciencia Tecnología y Sociedad en el aprendizaje de las ciencias” (tesis doctoral). Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

Greenpeace. (2013). Fractura hidráulica para extraer gas natural (fracking). 20-03-2015, de Greenpeace Sitio web: http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/Fracking-GP_ESP.pdf

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. (2013). Posicionamiento del Colegio Oficial de Geólogos sobre la fracturación hidráulica (fracking). 20-03-2015, de Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Revista Tierra y Tecnología Sitio web: <http://www.icog.es/TyT/index.php/2013/02/posicionamiento-del-colegio-oficial-de-geologos-sobre-la-fracturacion-hidraulica-fracking/>

Kelly, G. J. y Takao, A. (2002) “Epistemic levels in argument: An analysis of University oceanography student use of evidence in writing”. *Science Education*, 86, pp. 314-342.

OCDE (2006). PISA 2006 Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura. Programa para la evaluación internacional de alumnos. p.20

Ligero, R. (2013). El fracking es una burbuja como la inmobiliaria, sólo que dura menos tiempo. 7-04-2015, de eldiario.es Sitio web: http://www.eldiario.es/catalunya/fracking-burbuja-inmobiliaria-solo-tiempo_0_152235357.html

Ministerio de Educación y Ciencia (2006) Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boe, 5, 677-733.

Osorio (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad. Aproximaciones y experiencias para la educación secundaria. Revista Iberoamericana de Educación. N° 28 (2002), pp. 61-81

Planelles, M. (2014). Rajoy crea un impuesto para vencer la oposición social a las prospecciones. 7-04-2014, de El País Sitio web: http://politica.elpais.com/politica/2014/12/12/actualidad/1418384538_870154.html

Plataforma Ciudadana Zaragoza Sin Fractura. (2013). Manifiesto contra la fracturación hidráulica. 18/06/2013, de Plataforma Ciudadana Zaragoza Sin Fractura Sitio web: <http://zaragozasinfractura.webnode.es/noticias/manifiesto-antifracking/>

Rioseco, M. y Romero, R. (1997). La contextualización de la enseñanza como elemento facilitador del aprendizaje significativo. En M.A. Moreira, M.L. Rodríguez Palmero, M.C. Caballero Sahelices (coord.) Encuentro Internacional sobre el aprendizaje significativo: Burgos, España.

Rodríguez Bello, L. (2004). El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa. . Revista Digital Universitaria, 5, 2-18.

Rué, J. (1991) ¿Qué es el aprendizaje cooperativo? 08-04-2015, de GIAC: Grupo de Interés en Aprendizaje Cooperativo Sitio web: http://giac.upc.es/PAG/giac_cas/giac_que_es.htm

Sala, A. (2014). El gobierno incentiva el "fracking" con un impuesto que ingresarán las autonomías. 7-04-2015, de El Periódico Sitio web: <http://www.elperiodico.com/es/noticias/economia/gobierno-incentiva-fracking-con-impuesto-que-ingresaran-las-autonomias-3766941#>

Secretaría de Estado de Energía. (2015). Información sobre el gas natural. 07/04/2015, de Ministerio de Industria, Energía y Turismo Sitio web: <http://www.minetur.gob.es/ENERGIA/GAS/GAS/Paginas/gasnatural.aspx>

Secretaría de Estado de Energía. (2014). Mapa de posición de permisos de investigación y de concesiones de explotación y almacenamiento subterráneo. 04/04/2015, de Ministerio de Industria, Energía y Turismo Sitio web: <http://www6.mityc.es/aplicaciones/energia/hidrocarburos/petroleo/exploracion2014/mapas/inicio.html>

Shale Gas España. (2015). Dr. Christopher Field: El cambio climático y el papel del gas natural. 07-04-2015, de Shale Gas España Sitio web: <http://www.shalegasespana.es/es/index.php/el-experto-opina/dr-christopher-field>.

Shale Gas España. (2015). Los proyectos de exploración de gas natural no convencional están avalados por una de las leyes de Evaluación Ambiental más estrictas de Europa. 07-04-2015, de Shale Gas España Sitio web: <http://www.shalegasespana.es/es/index.php/prensa/noticias/185-los-proyectos-de-exploracion-de-gas-natural-no-convencional-estan-avalados-por-una-de-las-leyes-de-evaluacion-ambiental-mas-estrictas-de-europa>

Vadillo Fernández, L. et al. (2014). Recomendaciones ambientales en relación con las medidas preventivas y correctoras a considerar en proyectos relacionados con la exploración y explotación de hidrocarburos mediante técnicas de fractura hidráulica. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Zohar, A. and Nemet, F. (2002), Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. J. Res. Sci. Teach., 39: 35–62.

ANEXOS

ANEXO I:

Documento de base para el análisis del número de fuentes utilizadas y su frecuencia

INCONVENIENTES:

- **Contaminación del agua** (acuíferos + aguas superficiales): “Para llegar a las capas de roca donde se encuentra el gas se atraviesan acuíferos. Hay riesgo de filtraciones del fluido durante la inyección o el retorno a la superficie de contaminantes tóxicos, metales pesados, sustancias radiactivas liberadas de la roca” (ecologistas) “(Estos elementos están asociados a la materia orgánica y a los sulfuros vinculados a las pizarras de la formación geológica, que al ser fracturada mediante agua a presión podrían pasar en disolución al agua residual que se queda en la formación y al agua de retorno del sondeo. Entre los elementos químicos asociados a la materia orgánica y a los sulfuros, encontramos: Uranio (U), Radio (Ra), Molibdeno (Mo), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Vanadio (V), Mercurio (Hg), Arsénico (As), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Cinc (Zn), Cromo (Cr), Antimonio (Sb), Torio (Th), etc. Estos elementos podrían resultar tóxicos dependiendo de su concentración en el agua residual y de retorno)” (geólogos) “e hidrocarburos, productos que equivalen a un 2% del volumen de esos fluidos. De hecho, en EE.UU. (el país con más experiencia hasta ahora, aunque muy reciente, con estas técnicas), esos productos están exentos de la regulación federal y/o la información sobre ellos está protegida debido a intereses comerciales. Se sabe que hay al menos 260 sustancias químicas presentes en alrededor de 197 productos, y algunos de ellos se sabe que son tóxicos, cancerígenos o mutagénicos y podrían ser perjudiciales para los seres humanos.

No se puede descartar una posible contaminación de las aguas superficiales debido a las operaciones de la **fractura hidráulica y a la disposición de las aguas residuales**, ya sea a través de una planta de tratamiento de agua o

Leyenda:

ECOLOGISTAS

CIENTÍFICOS CRÍTICOS

GEÓLOGOS

ICOG

INDUSTRIA

PLATAFORMA

CIUDADANA

POLÍTICOS

directamente a las aguas superficiales. Estos productos químicos pueden, por lo tanto, ser vertidos en los acuíferos y fuentes de aguas subterráneas que alimentan los suministros públicos de agua potable.

En algunos casos, estas **aguas residuales son mínimamente procesadas antes de ser vertidas a las aguas** que alimentan los suministros públicos, y a veces son retenidas en los estanques que más tarde pueden verter estos productos químicos al medio ambiente. Entre un **15 y un 80% del fluido permanece en el subsuelo**, prolongando el riesgo de contaminación de acuíferos y aguas superficiales. Estos productos pueden contaminar el agua debido a fallos en la integridad del pozo y a la migración de contaminantes a través del subsuelo.” (Ecologistas)

“Inyección de millones de litros de agua mezclados con compuestos químicos cuya proporción y formulación son todo un misterio y cuyo impacto puede ocasionar graves riesgos para nuestra salud por la filtración de toda la combinación de agua y compuestos a acuíferos y pozos subterráneos.” (Plataforma ciudadana)

En Aragón: “En el primer corte geológico aparece representada en color azul la capa **acuífera** de la que obtendrían agua para abastecimiento urbano los habitantes de la zona. En caso de producirse una fuga del gas natural el acuífero podría contaminarse.

En la cuenca del Maestrazgo, donde también hay aprobados varios proyectos de fracking, las **capas** que podrían contener hidrocarburos se encuentran **muy cerca de los acuíferos**. En uno de los casos, los materiales que quieren ser explotados atraviesan uno de los acuíferos (Figs. 2 y 3).

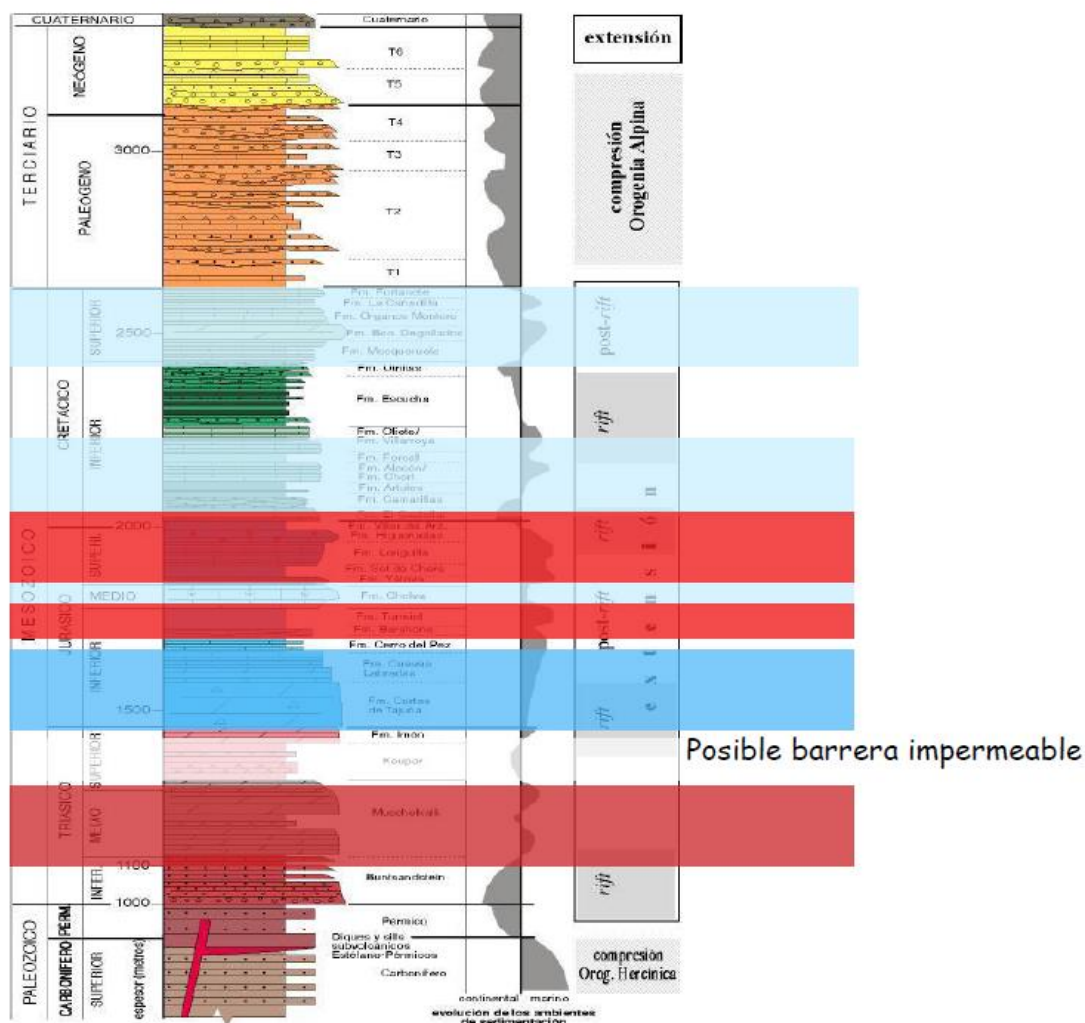
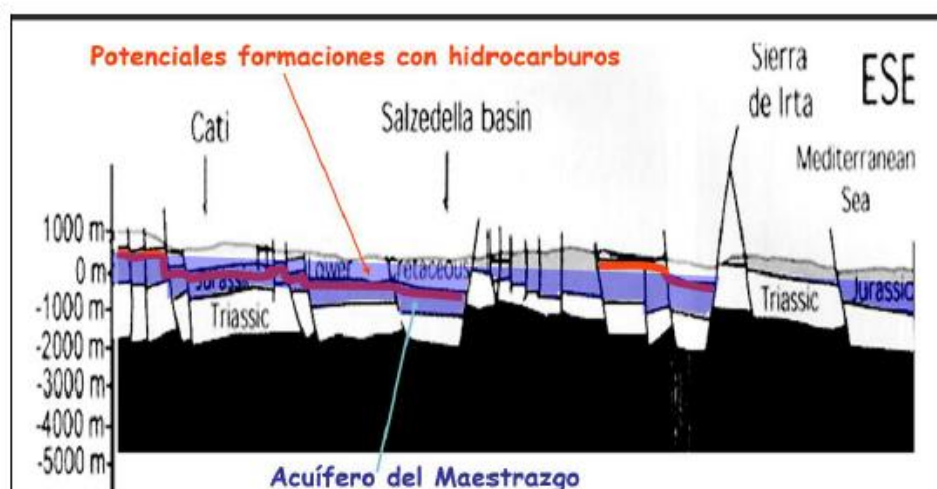


Fig. 2. Columna estratigráfica en la que se muestran los materiales geológicos de la comarca del Maestrazgo. En azul se muestran las capas donde están los acuíferos y en rojo, las capas donde podrían encontrarse los hidrocarburos.



comarca del Maestrazgo sino que se extiende hasta la costa. En el caso de que el metano llegase a alcanzar el acuífero poblaciones como Peñíscola, Benicasim y Oropesa entre otras podrían verse también afectadas por los efectos de esta contaminación.” (Geólogos)



Fig. 4 Acuífero del Maestrazgo.

- **Contaminación del aire/atmosférica:** “El fluido de fractura almacenado en las balsas de evaporación contiene compuestos orgánicos volátiles nocivos para la salud. Se ha registrado benceno, un potente agente cancerígeno, en el vapor que sale de la "pozos de evaporación", donde a menudo se almacenan las aguas residuales del fracking. Las fugas en los pozos de gas y en las tuberías también pueden contribuir a la contaminación del aire y a aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero. El gran número de vehículos que se necesitan (cada plataforma de pozos requiere entre 4.300 y 6.600 viajes en camión para el transporte de maquinaria, limpieza, etc.) y las operaciones de la propia planta también pueden causar una contaminación atmosférica significativa si tenemos en cuenta los gases ácidos, hidrocarburos y partículas finas.” (Ecologistas).
- **Efecto invernadero:** “Son frecuentes las fugas de metano, un gas con un efecto invernadero cuatro veces más potente que el dióxido de carbono. La industria del fracking que asegura que son inferiores al 2%. Sin embargo, un reciente estudio de la NOAA1 (National Oceanic and Atmospheric Administration) y de la Universidad de Colorado, en Boulder, determina que en el área conocida como la cuenca Denver-Julesburg (EE.UU) las fugas son del 4%, sin incluir las pérdidas adicionales en el sistema de tuberías y distribución. Esto es más del doble de lo anunciado.” (Ecologistas). “Cabe recordar que el metano tiene una capacidad como gas de efecto invernadero 25 veces superior al dióxido de carbono. Los promotores del fracking defienden que el uso de este gas permitiría ser más independientes energéticamente y disminuir la quema de carbón. Sin embargo, los expertos determinan que, a menos que las tasas de fuga de metano extraído, por esta técnica, se pueda mantener por debajo del 2%, la sustitución de este gas por el carbón **no es un medio eficaz para reducir la magnitud del cambio climático** en el futuro (Según el estudio estadounidense del año 2011, de Tom Wigley, del Centro para la Investigación Atmosférica -NCAR-). Otro motivo más para descartar la explotación este tipo de gas y apostar por las energías renovables.” (Ecologistas).

- **Seísmos (sismicidad inducida):** “La inyección masiva de líquidos puede afectar directamente a las fallas y provocar movimientos sísmicos.” (Ecologistas). “Esto puede suceder de dos formas. La primera, a través de la **fracturación hidráulica**, y la segunda, a través de la **eliminación de fluidos residuales** en el subsuelo. En ambos casos, liberando tensión en una falla preexistente.
 - **Sismicidad inducida por fracturación hidráulica**
 - **Eventos microsísmicos** (habituales y debidos a la propagación de las fracturas)
 - **Eventos sísmicos mayores** (poco frecuentes, pero que pueden ser inducidos en presencia de **fallas** que acumulan tensiones). En este último caso, la inyección de fluidos puede inducir sísmos si aumenta la presión de poros más allá de un umbral crítico, reduciendo la resistencia efectiva de una falla cercana a la rotura (Hubbert y Rubey, 1959; Healy et al., 1968; Raleigh et al., 1976; en Keranen et al., 2013).
 - **Sismicidad inducida por eliminación de fluidos residuales.** Los fluidos residuales generados durante la extracción de gas no convencional pueden eliminarse mediante su **inyección en pozos**. La presión en estos pozos puede acumularse a lo largo del tiempo, induciendo una sismicidad cuya magnitud tiende a ser mayor que la generada por fracturación hidráulica (Zoback, 2012). Esto es debido a que mayores volúmenes de fluido acumulados durante periodos de tiempo más largos, pueden permitir una mayor acumulación de presiones. Diversos autores señalan que las magnitudes no suelen exceder el valor de 5M_L (Royal Society et al., 2012).” (Geólogos).
- **“Prolonga un modelo energético agónico** el de los hidrocarburos en vez de apostar por un cambio sostenible e invertir en fuentes de **energía renovables y limpias**. El gas no convencional es un **recurso finito**, se está comprobando que las reservas son menores de lo anunciado y las inversiones para extraerlo mayores de lo previsto. La cuestión de fondo es ¿para qué queremos más gas? Por mucho gas que pudiésemos encontrar en España con el fracking (aún por

evaluar) los recursos energéticos que tenemos en abundancia son las energías renovables. Estas son tecnologías que ya tenemos y con un sector empresarial y tecnológico dispuesto a aprovecharlas. Puesto que estudios como el “Renovables 100%” de Greenpeace demuestran que podemos alcanzar un sistema energético totalmente basado en renovables, es absurdo acometer una nueva búsqueda de otros combustibles fósiles con potenciales graves impactos para el planeta. Además, se corre el riesgo de desviar los recursos y los esfuerzos que deberían ir hacia las energías renovables y a la eficiencia energética. Los promotores del fracking prometen importantes ventajas incluso para el medio ambiente.” (Geólogos).

“Busca perpetuar el actual sistema productivo y seguir contribuyendo a un empeoramiento de nuestro medio ambiente y de nuestras actuales condiciones de vida. Las grandes industrias y los gobiernos, lejos de investigar y potenciar otras formas más limpias de abastecer energéticamente nuestras necesidades, siguen empeñados en defender su modelo energético y productivo, modelo que, además de agotarse, constituye un serio riesgo medioambiental.” (Plataforma ciudadana).

- “Detrás se esconde una cuestión puramente económica, de la que ya existen denuncias por especulación al estar creándose una **burbuja** con la que hacer negocio. Aunque el “fracking” tuviera éxito, lo único que se produciría es prolongar la dependencia de los combustibles fósiles, que son limitados e incompatibles con el clima. Cuanto más combustible fósil quememos, mayor serán los efectos del cambio climático.” (Ecologistas).

"El fracking es una burbuja como la inmobiliaria, sólo que dura menos tiempo" (Científicos Críticos).

- ‘Estafa’: “Las compañías americanas que se dedican a la extracción de gas de 'fracking' llegaron a **perder 10 mil millones de dólares cada trimestre** durante el 2010 y el 2011. El fracking es una **estafa** a gran escala. Se está intentando vender la idea de que es una fuente de energía que nos liberará de nuestra dependencia energética exterior, cuando en el fondo en los EE.UU. se ha demostrado que ha sido una manera de arruinarse muy efectiva. Las compañías americanas que se dedican a la extracción de gas de fracking llegaron a perder

10 mil millones de dólares cada trimestre durante el 2010 y el 2011, y en 2012, 10 millones de dólares al año. De hecho, la mayoría de empresas que se dedicaban a ello han quebrado.” (Científicos Críticos).

- "Las energías renovables están enormemente sobreestimadas, haciendo las cosas muy bien podemos aspirar a que sólo nos den un 10 o un 15% de lo que consumimos actualmente" (Científicos Críticos).
- **“El tiempo de vida de los pozos es de sólo 5 o 6 años.”** (Ecologistas).
- **“Consumo de grandes cantidades de agua,** otro recurso escaso: Se ha calculado que se requieren entre 9.000 y 29.000 metros cúbicos de agua para las operaciones de un solo pozo. Esto podría causar problemas con la sostenibilidad de los recursos hídricos incluso en países de clima templado, y aumentar la presión del consumo de suministros en las zonas más áridas.” (Ecologistas).
- **“Ya hay moratorias o prohibiciones al fracking en países** como Francia, Bulgaria, Irlanda, Rumanía, Reino Unido, República Checa o algunos estados alemanes. En otros, como Austria, se imponen límites ambientales muy severos para el uso de la técnica.” (Ecologistas).
- **“Oposición popular en EEUU:** tras una década de actividad ya se han comprobado los peligros de esta técnica.” (Ecologistas).
- **“Ocupación de amplias áreas,** la separación entre los pozos ronda entre 0.6 y 2km.” (Ecologistas).
- **“Contaminación acústica e impactos paisajísticos.** Las operaciones de perforación pueden causar una degradación severa del paisaje (intensa ocupación del territorio) y contaminación acústica simplemente como resultado de las operaciones diarias (paso de camiones y transportes). Estas pueden afectar a las poblaciones cercanas y a la fauna local a través de la degradación del hábitat.” (Ecologistas).
- **“Los materiales objetivo de explotación por “fracking” en la Cuenca del Ebro parecen tener un contenido en materia orgánica de estas rocas inferior al 1%, característica que las haría no explotables.”** (Geólogos).
- **“El modelo teórico de explotación de hidrocarburos por fracturación hidráulica, no se ajusta a la estructura de los materiales de la Cuenca del Ebro. Como puede**

verse en los cortes geológicos que se muestran en la figura 1, las rocas que serían explotables, se encuentran **plegadas**. Realizar la perforación horizontal necesaria para fracturar las rocas y extraer el gas natural resultaría, por lo tanto, bastante complicado.” (Geólogos).

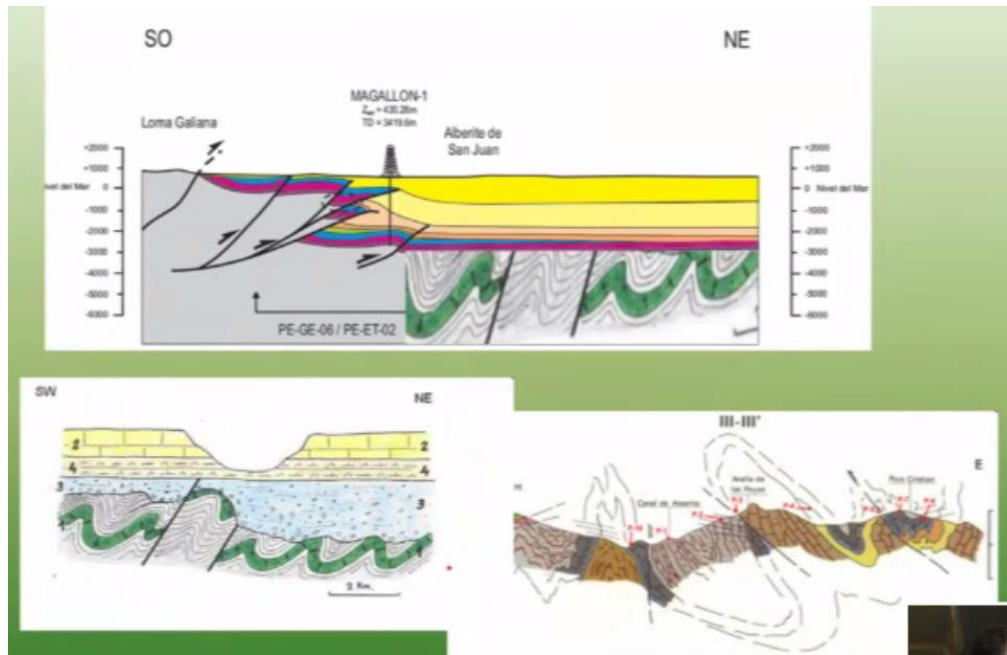


Fig.1 Cortes geológicos de Magallón y alrededores zona correspondiente al proyecto “Aguiles” de extracción de hidrocarburos por fracking.

- **Agricultura y ganadería:** “Cuyos trastornos generarían una crisis posterior de efectos devastadores para unas comarcas, como el Campo de Borja, la Ribera Alta del Ebro o las Cinco Villas, cuya subsistencia está íntimamente ligada al **turismo y a la tierra**, tierra que proporciona mediante la **agricultura y la ganadería** la base económica de estas comarcas.” (Plataforma Ciudadana).
- Las **instituciones aragonesas se han manifestado unánimemente contrarias** a dicha técnica, desde las Cortes de Aragón a nuestros municipios, consejos comarcales y diputaciones provinciales, indistintamente de su color político.” (Plataforma Ciudadana).
- “No apostar por otro modelo económico que se aleje del crecer por crecer.” (Científicos Críticos).

VENTAJAS:

- “Escuchar declaraciones del ministro de Industria, Energía y Turismo, José Manuel Soria, diciendo que es **una revolución energética** y que supondrá cosas maravillosas para España.” (Científicos Críticos).
- “Las medidas para incentivar la explotación de hidrocarburos son positivas. Además, ha indicado en un comunicado que a través de estas propuestas **se podrá descubrir el potencial español de yacimientos de hidrocarburos no convencionales (HNC)**. También ha valorado positivamente que los municipios y comunidades autónomas en cuyo territorio se lleve a cabo exploración se beneficien a través de impuestos.” (ICOG).
- “Desde el punto de vista **geopolítico** se ha producido una **"revolución energética mundial"**, con la irrupción en el mercado del aprovechamiento de hidrocarburos por fracturación hidráulica que ha generado **"una bajada del precio del petróleo**, en los mercados a 1 de diciembre de 2014 de menos de 70 dólares el barril.” (ICOG).
- “España podría albergar recursos prospectivos de gas natural no convencional equivalentes a 70 años a ritmos actuales de consumo (2.026 BCMs). La única manera de comprobar este potencial y su alcance es mediante la exploración.” (Industria).
- “Ley de Evaluación Ambiental aprobada por el Parlamento en 2013 es una de las más garantistas de Europa. A diferencia de otros países de nuestro entorno, la nueva Ley obliga a que todos los proyectos que prevean la utilización de la técnica de la fracturación hidráulica o fracking, incluso en la fase de exploración, vengan acompañados de los correspondientes Estudios de Impacto Ambiental (EIA). Esta solidez es la prueba de que los proyectos de exploración de gas no convencional se van a realizar con todas las garantías tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas.” (Industria).
- “La transparencia, además, es total puesto que los proyectos son públicos. Los técnicos y las autoridades tienen la última palabra. Los proyectos son públicos y por tanto se distribuirán a instituciones técnicas, autoridades medioambientales y

ayuntamientos, que informarán sobre su idoneidad, y además estarán accesibles a los ciudadanos, asociaciones, sindicatos, partidos políticos y ONG's." (Industria).

- “La reforma de la Ley del Sector de Hidrocarburos, que el Consejo de Ministros ha enviado este viernes a las Cortes para su tramitación, promete millones de euros para las zonas en las que finalmente se extraigan hidrocarburos. Se hará a través de la creación de nuevas tasas y de la reforma de algunos cánones existentes, según el Ministerio de Industria, defensor de los sondeos y de las técnicas de extracción no convencionales, como la fractura hidráulica o fracking.”: (Políticos).

- **“Beneficios para los ayuntamientos y propietarios de terrenos.** Los proyectos de exploración de gas natural suponen una oportunidad de **desarrollo económico** para los ayuntamientos y propietarios de terrenos en los que existe esta fuente de energía. Según las primeras estimaciones, la inversión por pozo se situará entre los 10 y los 20 millones de euros. Con esta inversión por pozo, **los Ayuntamientos recibirán entre 300.000 euros y 600.000 euros** en concepto de impuestos locales y tasas, sobre una base de un **4% del Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (ICIO).** ” (Industria). “Los **propietarios** de los suelos en los que se instalen las explotaciones también recibirán hasta el **1% del valor** de lo obtenido mientras dure la concesión.” (Políticos).

“Si se confirma la existencia de gas, los propietarios de los terrenos situados sobre los yacimientos percibirán el 1% de la producción. Shale Gas España estima que este porcentaje supondría un ingreso de entre **2 y 4 millones de euros por emplazamiento** (entre 2 y 3 hectáreas, equivalente a dos campos de fútbol) para los propietarios de la zona. ” (Industria). “El nuevo gravamen a la producción de petróleo y gas también beneficiará los ayuntamientos y propietarios del suelo. Estos cambios fiscales contemplan que las comunidades, los Ayuntamientos y los propietarios de los terrenos reciban parte de lo que se recaude con esas tasas, aunque solo en el caso de que finalmente las compañías pongan en marcha los proyectos de extracción. "las rentas económicas derivadas de los yacimientos de hidrocarburos reviertan también en el

conjunto de la sociedad". La modificación también incluye "una compensación a los propietarios de los terrenos situados sobre el yacimiento". Según Soria, los dueños recibirán en torno a un 1% del valor de la producción anual de lo que se extraiga." (Políticos).

- “Las compañías, además, pagarán **un impuesto sobre la producción de hasta el 4%,** que revertirá con especial intensidad en los **ayuntamientos y comunidades autónomas** en los que se desarrolle la actividad.” (Industria). “El Gobierno incentiva el 'fracking' con un impuesto que ingresarán las **Autonomías**. De un nuevo impuesto "sobre el valor de la producción de hidrocarburos". Esa tasa, que rondaría el **8% de la producción,** es parecida a la que ya tienen algunos países como Italia, según ha indicado en alguna ocasión Soria. Parte de lo que se recaude con este tributo —el ministerio tampoco aclara qué porcentaje— irá destinado a las comunidades y los Ayuntamientos en el caso de que sean yacimientos terrestres. ” (Políticos).
- “Por último, cada sondeo en tierra, ya sea de exploración o de producción, pagará un **canon de 125.000 euros.**” (Industria). “Asimismo, el titular de Industria dice que con el **nuevo marco legal** se actualiza también el canon que ya pagan las empresas para abordar las exploraciones, **incrementándose**. Los cambios también llegan a los cánones existentes. Según Industria, se "modifican" los que hay y se crean nuevos "por realizar sondeos y sísmicas". En este caso, no habrá que esperar a que las empresas comiencen la extracción; se grava la propia exploración. ” (Políticos).
- *“Siendo realistas, el mundo seguirá dependiendo de los combustibles fósiles durante los próximos años.* Es cierto que dependemos de los combustibles fósiles para mantener una economía funcional hoy en día. No importa lo ambiciosos que seamos con respecto a las energías alternativas, como las renovables, todavía necesitaremos utilizar los combustibles fósiles durante un tiempo. Una de las oportunidades reales que tenemos es utilizar combustibles fósiles con la **reducción del efecto invernadero:** menor emisión de carbono posible. En el caso del gas, creo que el verdadero reto es asegurar que los recursos se explotan de manera segura para el medio ambiente y que se presta

una atención rigurosa para **evitar las fugas de metano y la contaminación del agua**. La industria tiene que aplicar las mejores prácticas desde el principio. Si se respetan estas dos prioridades, el gas natural, incluido el gas no convencional, puede ser una parte importante del futuro energético, especialmente a corto plazo, y remplazar combustibles fósiles con más emisión de carbono como el carbón.” (Industria).

- “La reforma también tiene por objetivo "crear un **mercado organizado del gas en España e introducir medidas para fomentar la competencia y combatir el fraude**".” (Políticos).
- “Los promotores del fracking defienden que el uso de este gas permitiría ser más **independientes energéticamente y disminuir la quema de carbón**.” (Ecologistas).