

## **OPINIÓN Y RECOMENDACIONES DEL CONSEJO DE PROTECCIÓN DE LA NATURALEZA DE ARAGÓN SOBRE EL TEMA: “EL FRACKING: CONSIDERACIONES AMBIENTALES SOBRE LA EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES”**

### **1.- INTRODUCCIÓN**

La elaboración de este informe viene a dar cumplimiento a la función establecida en el Artículo 2.1.g), del Decreto Legislativo 2/2013, de 3 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de creación del Consejo de Protección de la Naturaleza, mediante la cual se faculta a este órgano consultivo y de participación, a incluir en la Memoria anual de actividades un informe que contenga la opinión y recomendaciones del Consejo sobre aspectos relacionados con la situación del medio ambiente en Aragón.

El tercer tema de interés ambiental acordado por el Pleno del CPNA para exponer su parecer en este año 2015 es: “*El Fracking: ventajas y desventajas de la extracción de hidrocarburos no convencionales*”. La opinión de este Consejo se va a estructurar en forma de consideraciones previas y recomendaciones específicas.

El presente informe se aprobó por unanimidad en el pleno del Consejo de Protección de la Naturaleza celebrado el día 15 de diciembre de 2015

### **2.- CONSIDERACIONES PREVIAS**

Cualquier aspecto de la política energética y especialmente lo referido a extracción y quema de combustibles fósiles, debe contextualizarse en las políticas para reducir las emisiones de GEI que contribuyen al cambio climático a escala global y en el cumplimiento de los objetivos y compromisos internacionales. La Agencia Internacional de la Energía advertía en su informe anual de 2012 que si se quiere limitar el incremento de temperatura a menos de 2°C se deben dejar en el subsuelo las dos terceras partes de las reservas fósiles conocidas. En el año 2015 se han emitido a la atmósfera alrededor de 50 Gt de CO<sub>2</sub>-eq. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) para tener probabilidades de limitar el incremento por debajo de esos 2 °C se deben reducir las emisiones en 2050 entre el 40% y el 70% a nivel global, y a finales de siglo estar cerca del balance cero o incluso por debajo de cero.

Para contar con mayores probabilidades de que posibles efectos de retroalimentación no tengan un efecto impredecible deberíamos tratar incluso de no superar 1,5°C. Esto implica que en 35 años se deben reducir las emisiones per cápita entre el 70% y el 95% de las actuales<sup>1</sup> y por ello la solución no pasa por seguir con políticas globales de extracción de reservas fósiles ni seguir buscando nuevos yacimientos. Por el contrario y siguiendo las recomendaciones del IPCC los combustibles fósiles deben ser sustituidos y la proporción en la generación de electricidad de las tecnologías bajas en carbono deberían incrementarse en el mix energético aumentando hasta llegar al 80% en el 2050.

---

(1)- IPCC AR5 Synthesis Report. Summary for Policy Makers, IPCC, 2014.

El Fracking es una técnica para extraer de yacimientos no convencionales gas natural u otros hidrocarburos que se localizan en determinadas formaciones rocosas sedimentarias de carácter impermeable. Para ello se fractura la roca horizontalmente inyectando a gran presión una mezcla de agua y arena (98%) y compuestos químicos (2%), y una vez liberado el gas, mezclado con el resto de componentes, retorna a la superficie donde se separa del fluido mezcla, llevando el vertido a almacenamiento en balsas.

Los principales problemas de esta técnica son los riesgos ambientales ligados a la contaminación de las aguas subterráneas por conectividad hidráulica, el aumento de la sismicidad inducida, el retorno de aguas con estos aditivos y otros materiales del subsuelo y la necesidad de su tratamiento, el peligro de rotura de las tuberías concéntricas cementadas (*casing*) pudiendo afectar a acuíferos, así como de otros impactos sobre el aire, el consumo de aguas, el paisaje, el medio natural, la biodiversidad, el turismo rural, la agricultura, la ganadería, la salud humana, el empleo, etc. Estos impactos dependen directamente de las características geológicas y de la fragilidad ambiental de los territorios donde se ubiquen los yacimientos, así como del respeto de la buena praxis ambiental.

Durante la mesa-debate realizada el 22 de octubre de 2015 cuyo título fue “El fracking: ventajas y desventajas de la extracción de hidrocarburos no convencionales”, a la que se invitó a personas de reconocida competencia en este tema, se expusieron argumentos a favor y en contra de esta técnica, aportando la experiencia técnica de los pozos, valorando los impactos ambientales y las posibilidades de mitigación de los mismos, las repercusiones mediáticas, etc.

Cabe señalar que en España, aunque todavía no existen pozos en explotación, las instituciones, administraciones públicas y la opinión de la sociedad están claramente divididas ante la proliferación de solicitudes de permisos de exploración e investigación de reservas de gas no convencional aplicando la técnica fracking. Hay que tener en cuenta que un permiso de investigación y exploración supone realizar perforaciones durante todos los años del permiso (de 3 años en adelante). Además las formaciones concretas que se pretenden explorar en cada caso no son conocidas con exactitud. Existe falta de información al respecto, y la documentación presentada por las compañías es incompleta.

El **Plan Energético de Aragón 2013-2020** elaborado por el Departamento de Economía, Industria y Empleo del Gobierno de Aragón señala respecto a la extracción energética, que: *“debido a la importancia que está adquiriendo la utilización de la técnica de fractura hidráulica o fracking en la investigación y explotación de hidrocarburos o gases no convencionales, la investigación para la evaluación del recurso se limitará a las técnicas utilizadas en la investigación de gas convencional hasta que la Unión Europea determine las condiciones técnicas que garanticen la protección, la salud y el medio ambiente”*.

En un sentido similar se expresa la **Estrategia de Ordenación del Territorio de Aragón (EOTA)**, que, entre sus objetivos, incluye la necesidad de reducción de la dependencia energética exterior. La EOTA propone: *“impulsar la exploración de recursos energéticos para reducir las emisiones, diversificar las fuentes, poner en valor recursos inexplorados y reducir las importaciones de hidrocarburos”*. Respecto de la técnica de fractura o fracking, la EOTA

propone que las actuaciones se limiten a las técnicas utilizadas en la investigación de gas convencional hasta que el Gobierno de Aragón establezca una legislación específica para esta materia dentro de sus competencias.

Hay que añadir que los riesgos que puede generar la utilización de esta técnica han sido puestos de manifiesto en recientes estudios elaborados por las instituciones europeas. Así, en junio de 2011, el Parlamento Europeo publicó, a instancias de la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad, el informe «Repercusiones de la extracción de gas y petróleo de esquisto en el medio ambiente y la salud humana», que se ha completado con el informe «Contribución a la identificación de posibles riesgos ambientales y para la salud humana derivados de las operaciones de extracción de hidrocarburos mediante fractura hidráulica en Europa» de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, publicado el 10 de agosto de 2012. En ambos informes se plantean interrogantes sobre el uso de la fractura hidráulica y ponen de manifiesto el elevado riesgo para las personas y el medio ambiente. Dichos interrogantes justifican sobradamente la aplicación del principio de cautela por parte de las administraciones.

Las **Cortes de Aragón**, en sesión plenaria celebrada los días 16, 17 y 18 de julio de 2014, con motivo del debate sobre el estado de la Comunidad Autónoma aprobaron por unanimidad la siguiente **Resolución**: *“11. Las Cortes de Aragón conscientes de la amenaza para la salud, el clima y el medio ambiente de la fractura hidráulica como método para la extracción de gases no convencionales, instan al Gobierno de Aragón a cumplir el acuerdo unánime de estas Cortes para declarar Aragón como territorio libre de fracking y a prohibir cualquier permiso de investigación”*.

La **Ley 11/2014, de 4 de diciembre, de Prevención y Protección Ambiental de Aragón** (LPPAA) incluye en su Anexo I los Proyectos sometidos a evaluación ambiental ordinaria entre los que se encuentran los que utilicen de técnicas de fracturación hidráulica. No se incluyen sin embargo las perforaciones de sondeos de investigación.

En el Título I, Capítulo II, la LPPAA regula la Evaluación de impacto ambiental de proyectos, fijando en el Artículo 27 los contenidos del Estudio de Impacto Ambiental, entre los que cabe destacar el punto c), que indica que se evaluarán y cuantificarán los efectos previsibles directos e indirectos sobre, entre otras cuestiones, el subsuelo y el agua durante las fases de ejecución y de explotación. En el Título I, Capítulo I, el Artículo 11 establece que serán objeto de Evaluación Ambiental Estratégica ordinaria los planes y programas y sus modificaciones que se aprueben por la Administración de la Comunidad Autónoma de Aragón o por una Administración local de Aragón en los que se establezca el marco para la autorización en el futuro de proyectos susceptibles de ser sometidos a evaluación de impacto ambiental y que se refieran, entre otras cuestiones a actividades de minería y energía. En los Artículos 13 y 15 se incluyen respectivamente los contenidos del documento inicial estratégico y del estudio ambiental estratégico que señalan los probables efectos significativos en el medio ambiente.

En la actualidad existen varios proyectos de investigación con técnicas de fracking (por ejemplo los proyectos Kepler, Copérnico y Platón de la empresa *Montero Energy*, entre otros) cuya tramitación administrativa se inició hace años y aún sigue abierta, habiendo sido sometidos a información pública. Por otro lado el proyecto Aquiles tiene aprobada

su primera fase de investigación afectando a la zona limítrofe entre Navarra y Aragón, autorizada en abril de 2013 por el Ministerio de Industria, institución competente al implicar el proyecto a más de una comunidad autónoma.

La estructura energética de Aragón en el 2014 se distribuye tal y como se refleja en el siguiente cuadro.

Estructura energética de Aragón. Año 2014 (consumo de energía primaria). Boletín de coyuntura energética de Aragón de octubre de 2015 (nº 28), del Dpto. de Economía, Industria y Empleo. Gobierno de Aragón						
ktep	carbón		productos petrolíferos	gas natural	energías renovables	TOTAL
	propio	importado				
ARAGÓN	678	490	1.538	1.104	1.152	4.962
	23,50%		31%	22,30%	23,20%	100%

Hay que destacar que el consumo total de energía primaria de fuentes renovables es del 23,2%. Su uso permite no sólo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción y del consumo de energía, sino también reducir la dependencia frente a las importaciones de combustibles fósiles (principalmente gas y petróleo).

Sin embargo, también hay que considerar que la combustión de gas natural puede resultar menos contaminante que otros combustibles fósiles. Según el Ministerio de Energía, Industria y Turismo del Gobierno de España las emisiones de gases de efecto invernadero (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y CH<sub>4</sub>) por unidad de energía producida son inferiores a la utilización de carbón o de derivados del petróleo y su uso, sustituyendo a éstos, puede ayudar a combatir el cambio climático y ambiental <sup>2</sup>. Quizás el mayor problema en el uso de este combustible es el de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), principal componente del gas natural y causante de una parte sustancial del efecto invernadero, con un potencial climático 34 veces mayor que el del CO<sub>2</sub> <sup>3</sup>. Las emisiones fugitivas o fugas de metano a la atmósfera a lo largo de su ciclo de vida (desde la extracción hasta su quema) podrían suponer entre el 4% o el 17%.<sup>4</sup>

Aunque tanto las Cortes de Aragón como el propio Gobierno de Aragón manifiestan su cautela y rechazo inicial al uso del fracking en el territorio aragonés. La LPPAA sí contempla este supuesto de la industria extractiva en la Evaluación de impacto ambiental de proyectos y en la Evaluación Ambiental estratégica de planes y programas. Más aún, excluye

(2)-Según el Ministerio de Energía, Industria y Turismo del Gobierno de España, la combustión del gas natural produce menos residuos pudiéndose utilizar para generar electricidad mediante ciclos combinados, cogeneraciones, combustibles para coches, etc. El gas natural produce entre un 40 y un 50% menos CO<sub>2</sub> que el carbón y un 25-30% menos que fuel-oil; su combustión produce 2,5 veces menos óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que el fuel-oil y 2 veces menos que el carbón. El contenido en óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>) es 150 veces menor a la del gas-oil, entre 70 y 1500 veces menor que la del carbón y 2500 veces menor que el fuel-oil.

(3) -El efecto potencial del CH<sub>4</sub> en el calentamiento global es 34 veces mayor que el del CO<sub>2</sub> en una escala de tiempo de 100 años. Datos del IPCC, octubre de 2013, informe final. [Ver artículo en web Climate Progress].

(4)- Samuel Marín-Sosa: "El gas natural ¿solución o problema para el cambio climático?" 2014. [Ver artículo en web Rebellion]. La estimación mínima del 4% en: Jeff Tollefson "Air sampling reveals high emissions from gas field", 2012 [Ver artículo en web Nature].

explícitamente de este procedimiento las perforaciones de sondeos de investigación que tengan por objeto la toma de testigo previo a proyectos de perforación que requieran la utilización de técnicas de fracturación hidráulica.

Por otro lado, la **Ley básica 17/2013, de 29 de octubre, para la garantía del suministro e incremento de la competencia en los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares** recoge el uso de las técnicas de fracturación hidráulica. Además con el objeto de evaluar los impactos sobre el medio ambiente de los proyectos que requieren esta técnica, se incluyó la obligación de someterlos al procedimiento previsto en la Sección 1ª del Capítulo II del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. La **Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental**, que deroga el Real Decreto anterior, refleja lo ya señalado para la ley aragonesa, recogiéndose el supuesto de fracking en su Anexo I.

Por otro lado, la existencia de un recurso estratégico en el subsuelo y la necesidad continua de energía y en este caso de gas puede suponer que en un futuro sea necesario investigar sus dimensiones y su rentabilidad, no descartándose iniciativas nuevas de investigación y explotación de yacimientos, pudiendo ser relevante planificar de antemano dónde y cómo sería posible extraer hidrocarburos no convencionales mediante la técnica del fracking en Aragón.

En este sentido las aportaciones que se emiten a continuación podrán servir para orientar las políticas energéticas futuras y para incorporar en la normativa ambiental los requerimientos necesarios para que cualquier técnica de fracturación hidráulica que se pudiera plantear en un futuro se hiciera en los lugares aptos para este tipo de técnica y de la forma menos impactante posible. En todo caso siempre debe anteponerse la aplicación de los principios de precaución y cautela para evitar riesgos sobre la salud pública y el medio ambiente ante la ausencia de una adecuada y completa regulación respecto a la utilización de esta técnica, como actualmente es el caso en España.

### **3.- RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS**

Se presentan a continuación una serie de recomendaciones a modo de listado de propuestas cuya pretensión no es otra que la de recoger diferentes puntos de vista consensuados por los distintos agentes sociales representados en el CPNA y marcar una orientación para las decisiones futuras que puedan llegar a tomar las Administraciones competentes sobre las acciones asociadas a la extracción de hidrocarburos mediante la técnica de la fracturación hidráulica.

1. Enlazando con el párrafo primero de las consideraciones previas, este Consejo considera que se debe seguir potenciando y afianzando el impulso de las energías renovables y mejorar su peso en el “mix energético”, apoyando la eficiencia, el ahorro energético, revisando los objetivos del Plan Energético de Aragón 2013-

- 2020<sup>5</sup> de fomento de la generación de energías renovables para establecer nuevos objetivos más ambiciosos que superen la inestabilidad de un marco normativo cambiante.
2. Este Consejo opina que el conjunto de recomendaciones aquí expuestas puede resultar útil en particular al Departamento de Economía, Industria y Empleo, a la hora de elaborar la **Directriz especial para la ordenación de los recursos minerales y geológicos** contemplada en la Estrategia de Ordenación Territorial de Aragón (Norma 1.2.N2 del Decreto 202/2014, de 2 de diciembre).
  3. La conocida como tasa de retorno energético (proporción entre la energía obtenida de un determinado proyecto a lo largo de su vida útil, o incluso de un determinado modelo energético durante la vigencia de una planificación, y la energía consumida en su construcción y explotación), debe valorarse como parámetro a la hora de priorizar entre las distintas alternativas energéticas<sup>6</sup>. Prioridad que debe aplicarse tanto en los procedimientos de evaluación ambiental estratégica de planes y programas como en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental de proyectos.
  4. Por otro lado, en el marco del cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero, se deberá también valorar la posibilidad de un mayor aprovechamiento del gas natural frente a otros combustibles fósiles más contaminantes. En este sentido parece recomendable seguir investigando la geología del subsuelo mediante el uso de nuevas tecnologías y modelización en 3D para analizar las estructuras y formaciones geológicas susceptibles de contener yacimientos explotables de gas natural. El conocimiento de nuestros recursos energéticos endógenos tiene un valor estratégico que debería ser tenido en cuenta.
  5. Respecto a los proyectos de fracking en tramitación o los futuros que pudieran afectar a nuestro territorio se recomienda seguir aplicando por parte de las instituciones competentes **el principio de precaución y cautela**. Sobre todo ante proyectos cuyos impactos ambientales son difícilmente cuantificables y controlables, en un medio geológico complejo e insuficientemente conocido como es el del territorio aragonés.
  6. En la **Ley 11/2014, de 4 de diciembre, de Prevención y Protección Ambiental de Aragón (LPPAA)**, y concretamente en su Capítulo II, Artículo 27 Estudio de Impacto Ambiental (EIA), se establecen los contenidos del EIA de proyectos. Dichos contenidos no quedan, a la hora de analizar un proyecto con técnicas de fracking, suficientemente desglosados o matizados. Por ello, se recomienda que los futuros

---

(5)- En el año 2012 un 20,4% de la energía primaria en Aragón era de origen renovable. Para el 2020 el consumo de energía final en Aragón previsto será de un 24,1% de participación de energía eléctrica. Fuente: Plan Energético de Aragón 2013-2020. Gobierno de Aragón

(6)- La obtención de energía requiere energía: para poderse utilizar la economía productiva de gas se requiere, no sólo perforar un pozo, sino también transportar el gas hasta una planta para su depuración, refinado y preparación, transformarlo en un serie de derivados y enviarlo a los usuarios finales, (así como invertir la energía en fabricar la plataforma, la maquinaria de la refinería, los camiones cisternas o los gasoductos y los distintos procesos y aparatos en los que se usa ese gas, etc.). De manera que solamente está disponible la energía neta residual una vez deducido todo el gasto energético en el que se ha incurrido.

estudios de impacto ambiental así como los condicionados ambientales emitidos por el Instituto Aragonés de Gestión Ambiental para este tipo de proyectos dejen manifiestamente claro que bajo el concepto de “aguas” deberán incluirse tanto las aguas superficiales como las subterráneas y que el apartado de “suelo” y “subsuelo” incluirá un estudio detallado de la estabilidad física y mecánica, por un lado, y la estabilidad química y bioquímica, por otro. En la misma línea en los **artículos 13 y 15 de la LPPAA** se incluyen los contenidos que debe tener el documento inicial estratégico y el estudio ambiental estratégico respectivamente de los Planes y Programas. Se propone que las memorias ambientales que emita el órgano competente, especifiquen explícitamente el estudio de las potenciales afecciones a los niveles freáticos o al subsuelo, incluyendo la estabilidad tectónica.

7. Este Consejo considera que en los procedimientos de evaluación ambiental bien sea de proyectos o de planes y programas regulados por la LPPAA, sería necesario exigir, además de analizar la tasa de retorno energético para cada proyecto en el estudio de alternativas, los siguientes estudios específicos (estos estudios se desglosan en el Anexo I):
  - Estudio de las propiedades físicas de las rocas objeto de explotación.
  - Estudio de la red de fracturación natural en las formaciones geológicas y de las fallas activas.
  - Estudio del estado de tensiones naturales en el subsuelo.
  - Estudio detallado de los acuíferos de la zona.
  - Exploración del contenido en metales pesados y elementos tóxicos o radiactivos (arsénico, radon...) en la formación objeto de exploración y en las formaciones contiguas.
  - Elaboración de un modelo predictivo de comportamiento del terreno ante la fracturación hidráulica.
  - Análisis de la previsión de fugas de gases de efecto invernadero durante la investigación o durante la explotación de un yacimiento.
8. Este Consejo considera que las Administraciones competentes a escala nacional o autonómica deberían fomentar la investigación y planificación preventiva y generar, a partir de la investigación del subsuelo mediante nuevas tecnologías, un mapa de zonas donde los impactos ambientales de este tipo de proyectos pudieran ser asumibles. En dicho mapa deberían quedar excluidas las zonas con fallas activas, acuíferos vulnerables, zonas de valor o interés natural (espacios naturales protegidos, Red Natura 2000, etc.).
9. Los futuros proyectos deberían analizarse “caso a caso” y en general cualquier apertura a futuros permisos de investigación para la búsqueda de hidrocarburos mediante técnicas no convencionales, debería ajustarse a aquellas zonas geológicamente estables desde el punto de vista tectónico o estructural y donde los freáticos no pudieran ser afectados por contaminación derivada de la conectividad hidráulica.

10. Se recomienda que las administraciones competentes proporcionen una información contrastada, con base en estudios científicos, que permita posicionarse a la opinión pública. Se deberán favorecer los procedimientos de información pública. En este sentido, la difusión de la información y de los resultados y progresos científicos debe ser prioritaria. Se deberán crear los foros adecuados para que la población potencialmente afectada, de forma complementaria al proceso de información pública, sea convenientemente informada de los pros y contras del uso de esta técnica.
11. Se recomienda establecer una posición común entre la Administración central y las Comunidades autónomas respecto a los proyectos de fracking, dada su especial naturaleza y el carácter transfronterizo de los potenciales impactos sobre acuíferos y sobre la activación de sistemas de fallas. En esta línea también se quiere dar traslado al Gobierno de España de la importancia de que inste al Consejo de Ministros de Medio Ambiente de la Unión Europea a abordar el tema del fracking desde una perspectiva europea, y que o bien se adopte una posición común sobre este particular y o bien al menos fije unos criterios orientadores y unos requisitos mínimos que deban cumplir este tipo de proyectos.

#### **4.- CONSIDERACIONES FINALES**

---

La técnica de fracking para la extracción de hidrocarburos no convencionales presenta una compleja problemática que va desde aspectos puramente técnicos como la dificultad de conocer la magnitud e importancia de los impactos ambientales sobre el subsuelo y los acuíferos, hasta aspectos administrativos dada la inconsistencia entre los posicionamientos de las diferentes administraciones competentes y la normativa ambiental.

El principio de precaución y cautela está siendo aplicado por la administración autonómica competente y desde este Consejo se considera que se debe mantener este posicionamiento en tanto en cuanto no se conozcan las consecuencias exactas de las actuaciones derivadas de esta técnica. Es necesario sin embargo resolver los proyectos y expedientes abiertos caso a caso y exigir en su tramitación como mínimo los estudios específicos señalados en este informe antes de resolver cualquier permiso de investigación. Para ello la aplicación de la normativa ambiental deberá ser rigurosa y exigente en los condicionados ambientales.

Por último, este Consejo considera que debería haber un posicionamiento común entre la Unión Europea, el Estado español y las Comunidades Autónomas respecto a cómo abordar este tipo de proyectos, qué condicionados, estudios y exigencias deben ser requeridas y en qué circunstancias pueden resultar inviables.



## ANEXO I ESTUDIOS GEOLÓGICOS NECESARIOS PARA UNA CORRECTA EVALUACIÓN AMBIENTAL TANTO PARA PROYECTOS COMO PARA PLANES Y PROGRAMAS.

- a) Estudio de las **propiedades físicas de las rocas** objeto de explotación y de las situadas al menos entre 600 m por encima y 300 m por debajo, a partir de sondeos mecánicos con recuperación de testigo: densidad; porosidad y permeabilidad; resistencia a la compresión simple; resistencia a la compresión triaxial en las condiciones de presión confinante a la que se encuentran a su profundidad natural; resistencia a la tracción simple; módulo de Young; número de Poisson.
- b) Estudio de la **red de fracturación natural en las formaciones geológicas** a las que corresponde el rango de profundidades indicado, a partir de los propios datos de los sondeos, de perfiles sísmicos en la zona de estudio y de afloramientos de esas mismas formaciones en áreas lo más próximas posible: orientaciones de las familias dominantes y secundarias; continuidad de las mismas en la vertical y en la horizontal; espaciado medio y su variabilidad para cada familia; estado de apertura de las fracturas; material de relleno y propiedades físicas del mismo, si lo hay; relaciones de intersección y modelo arquitectural del conjunto de la fracturación en 3D.
- c) Estudio del **estado de tensiones naturales en el subsuelo** en el rango de profundidades indicado. Para ello habrá que estudiar, calcular y tener en cuenta:
  - c.1 el **estado de tensiones litostáticas** debido al enterramiento a la profundidad indicada, a partir de los datos de profundidad y número de *Poisson*.
  - c.2 el **campo de tensiones tectónicas actuales** en la zona, teniendo en cuenta el contexto tectónico de la zona y toda la información relevante sobre: paleoesfuerzos recientes a partir del estudio de la fracturación; esfuerzos actuales a partir de mecanismos focales de terremotos; esfuerzos actuales mediante mediciones *in situ* por técnicas como el *break-out* o el *overcoring*.
- d) Estudio detallado de los **acuíferos de la zona**: espesor; niveles piezométricos; permeabilidad y transmisividad; direcciones de flujo; áreas de recarga y descarga; características hidroquímicas y calidad del agua.
- e) Exploración del **contenido en metales pesados y elementos tóxicos o radiactivos** (arsénico, radón...) en la formación objeto de exploración y en las formaciones contiguas.
- f) Estudio de **fallas activas de la zona**: identificación de fallas activas, al menos de las recopiladas en la base de datos QAFI del Instituto Geológico y Minero de España, y también de cualquier otra de la que existan en la literatura científica datos que lo evidencien; caracterización del potencial sismogénico de dichas fallas, a partir de sus características estructurales, de la historia paleosísmica y de la sismicidad histórica e instrumental asociada; estimación y modelización del tipo de movimiento previsible de dichas fallas bajo el campo de esfuerzos actual y de su estado dentro del ciclo sísmico.

- g) Elaboración de un **modelo predictivo de comportamiento del terreno** ante la fracturación hidráulica:
- g.1 Cálculo de la presión de fluidos necesaria para producir fracturación hidráulica en la formación objeto de exploración
  - g.2 previsión de generación de fracturas en dicha formación y en las formaciones contiguas por encima y por debajo (direcciones preferentes, distancias de propagación en la vertical y en la horizontal).
  - g.3 previsiones de propagación de las fracturas naturales existentes en la zona (direcciones preferentes en función del campo de esfuerzos, *fracture toughness*, distancias de propagación).
  - g.4 posibilidades de conexión hidráulica entre la formación fracturada y los acuíferos.
  - g.5 posibilidades de movilización de elementos tóxicos o radiactivos de la roca, migración de los mismos a los acuíferos, y previsión de direcciones de transporte y puntos de descarga.
  - g.6 previsiones de sismicidad inducida directamente por la fracturación hidráulica.
  - g.7 posibilidades de reactivación de fallas activas y consiguiente generación de sismicidad disparada, evaluando la magnitud potencial de los terremotos.

---

Lo que con el Vº Bº del Sr. Presidente, en la ciudad de Zaragoza, a 15 de diciembre de 2015, como Secretario del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, CERTIFICO:

VºBº:

EL PRESIDENTE DEL CONSEJO



Fdo.: Juan de la Riva Fernández

EL SECRETARIO DEL CONSEJO



Fdo.: Francho Beltrán Audera