

# Riesgos potenciales derivados de la inyección de gas natural en la Plataforma Castor

El riesgo de fuga masiva de gas natural



Estudio elaborado por:

**Dr. Miguel de las Doblas Lavigne**, *Instituto de Geociencias de Madrid, IGEO (CSIC-UCM), sede en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, calle José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid.*  
*doblas@mncn.csic.es.*

**D. Antonio Jesús Galindo Jiménez**, *Experto en Navegación Marítima, Torreperogil.*  
*Jaen. galitazo@yahoo.es.*

Fotos de portada: Incendio de la Plataforma Deepwater Horizon en el Golfo de México, causada por un escape de gas.



Ecologistas en Acción  
Marqués de Leganés 12 - 28004 Madrid  
Telefono: +34-91-531 27 39  
<http://www.ecologistasenaccion.org>

Ecologistas en Acción agradece la reproducción de este informe siempre que se cite la fuente

Este informe se puede descargar en  
<http://ecologistasenaccion.org/article26671.html>

14 Octubre 2013, ampliado el 29 octubre 2013

# Riesgos potenciales de la Plataforma Castor.

## El riesgo de fuga masiva de gas

Existen dos tipos de riesgos derivados de la inyección de gas natural en la plataforma Castor en una zona con fallas potencialmente peligrosas:

1) **El propio riesgo asociado a la magnitud más o menos acentuada de vibración de los terremotos**, que pueden desencadenar desgracias personales o materiales en las poblaciones costeras.

2) **El riesgo de fuga masiva de gas natural del almacén subterráneo**, como consecuencia de los terremotos que terminen de agrietar o fracturar su techo o que provoquen el hundimiento masivo del subsuelo en un amplio sector alrededor del Castor al colapsar las gigantescas cavernas kársticas de las calizas cretácicas que constituyen el almacén. Este segundo tipo de riesgo, de momento, no está teniendo eco en los medios de comunicación.

3) Además, en este informe se analizan otros riesgos medioambientales relacionados con la actividad antrópica en el subsuelo de España, como el *fracking*, la extracción excesiva de agua de acuíferos, etc.

# 1. Riesgo sísmico

El riesgo sísmico asociado a las operaciones de la plataforma Castor no es nada nuevo, ya fue denunciado por Miguel de las Doblas, del Instituto de Geociencias de Madrid (CSIC) en noviembre de 2012 [1].

A partir de mayo de 2012 comenzaba a aplicarse a fondo el "Proyecto Castor" [2] (operado por un consorcio hispano-canadiense) frente a la costa de Vinaroz en Castellón, consistente en la inyección subterránea masiva de Gas Natural con el objetivo de convertir el antiguo campo petrolífero de Amposta, en el mayor almacenamiento subterráneo de gas natural de España [3]. Parecía que nadie sabía por entonces que esta es otra zona sísmicamente activa de España y tampoco aparentemente nadie parece haber tomado nota de una reciente investigación [4] que denuncia claramente los peligros del almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub> a gran escala, desde el punto de vista de la sismicidad inducida. Como indican los autores de esta investigación, *"numerosas líneas de evidencia indican la existencia de fallas pre-existentes y con posibilidades de romperse en casi cualquier lugar de la corteza, a menudo como respuesta a incrementos muy pequeños de la presión. Es por esto que los lugares de almacenamiento deben ser cuidadosamente escogidos y los riesgos de posibles movimientos sísmicos deberían ser tenidos en cuenta"*

Según lo publicado en algunos medios, la empresa ESCAL UGS tenía informes geológicos del Instituto Geológico y Minero de España, IGME, que detectaron la presencia de fallas pero asumieron que no se podían reactivar aunque sabían que el almacén subterráneo estaba limitado en uno de sus bordes por una falla de primer orden, aunque quitaban relevancia a este hecho fundamental. La mayoría de los investigadores consultados por los medios están de acuerdo en que se cometió una imprudencia al pasar por alto la importancia de estas fallas que limitan y cortan el almacén Castor [5].

---

1 Reseñas bibliográficas de esta denuncia en: <http://antonioaretxabala.blogspot.com.es/2012/11/fracturacion-hidraulica-fracking-y.html>

<http://brainstorminggeology.blogspot.com.es/2013/09/sismicidad-reciente-inducida-por-la.html>

2 [http://www.escalugs.com/quienes\\_somos\\_presentacion.asp](http://www.escalugs.com/quienes_somos_presentacion.asp)

3 Más información en el nº 39 de la revista Tierra y Tecnología, pág. 3-8, 2011

4 Zoback & Gorelick, 2012, v. 109, nº26, Proceedings of the National Academy of Sciences de EEUU, p. 10164-10168.

5 <http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/10/07/actuali->

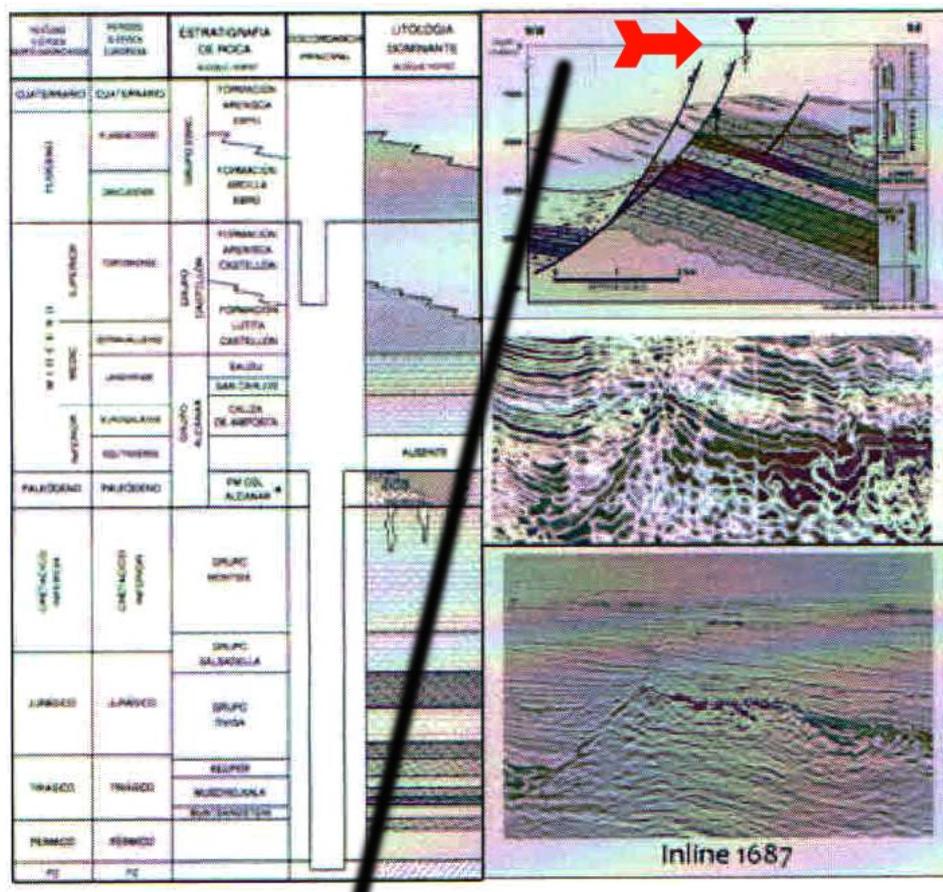
José Luis Simón, geólogo de la Universidad de Zaragoza y gran conocedor de la zona del golfo de Valencia, confirma que en el sector donde se estaba inyectando gas en la plataforma Castor "hay numerosas fallas activas sometidas a presión" y que se tienen abundantes evidencias de actividad cuaternaria reciente. También afirma que lo más probable es que no se haya estudiado previamente el subsuelo antes de llevar a cabo las operaciones del Castor y que hubiera sido necesario hacerlo [6].

Por otra parte, el Observatorio del Ebro, en el cual participan investigadores del CSIC y de Universidades como Ramón Lull, también analizó en detalle la zona y llegó a la conclusión de que existían numerosas fallas activas potencialmente peligrosas [7].

El informe de Escal UGS sobre la plataforma Castor publicado por la revista del Colegio de Geólogos, Tierra y Tecnología, muestra claramente que la zona de almacenamiento subterráneo de gas está limitada y cortada por abundante fallas con diferentes directrices (ver figura 1 y figura 2).

En otra nota de prensa publicada en El País, se afirma que la empresa Shell, que explotó los yacimientos de Amposta de 1973 a 1989, ya advirtió en su momento que se habían producido seísmos durante la extracción y que no era recomendable inyectar gas natural en esta zona por el riesgo sísmico existente [8].

Figura 1



**Por todas estas referencias parece impensable que nadie advirtiera el peligro que entrañaba esta geometría espacial con fallas activas rodeando y cortando el almacén subterráneo.**

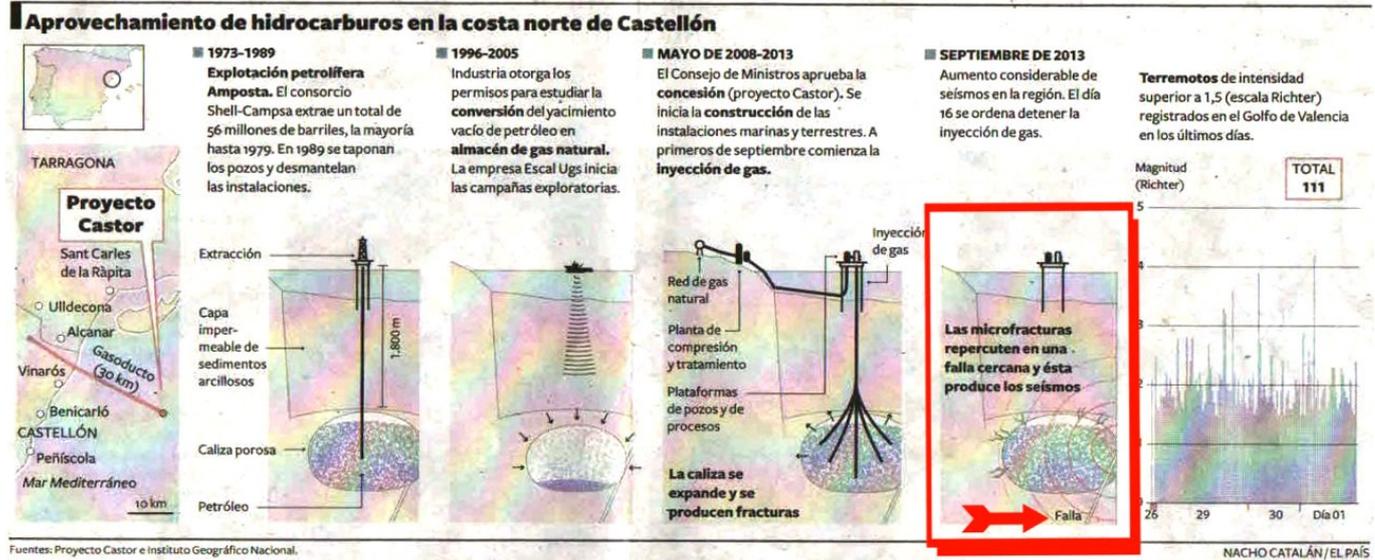
Todos los científicos y técnicos competentes en la materia están de acuerdo en que este enjambre sísmico en el Golfo de Valencia es el resultado de la inyección forzada de gas en la corteza terrestre por la Plataforma CASTOR operada por la empresa ESCAL UGS. De hecho, la propia empresa, perteneciente al grupo ACS S.A, ha reconocido en una nota de prensa que sus actividades son las que están provocando esta sismicidad, sugiriendo que ya lo tenían previsto y que forma parte de la "rutina habitual de este tipo de operaciones" [9].

El director de ESCAL UGS, Recaredo del Potro, aseguraba en esa nota de prensa que se trata

dad/1381181311\_736995.html  
<http://www.lavanguardia.com/medio-ambiente/20131005/54390509829/riesgo-sismico-falla-desprecio.html>  
 6 [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/09/27/actualidad/1380310248\\_577552.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/09/27/actualidad/1380310248_577552.html).  
 7 [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/10/07/actualidad/1381181311\\_736995.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/10/07/actualidad/1381181311_736995.html)  
 8 <http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/10/07/actuali->

dad/1381181311\_736995.html  
 9 [http://www.elperiodicomediterraneo.com/noticias/castellon/la-inyeccion-de-gas-en-castor-provoca-21-miniterremotos-submarinos-frente-a-vinaros\\_835224.html](http://www.elperiodicomediterraneo.com/noticias/castellon/la-inyeccion-de-gas-en-castor-provoca-21-miniterremotos-submarinos-frente-a-vinaros_835224.html)

Figura 2



de “microsismos inofensivos” sin riesgos para la población, a pesar de que algunos alcanzaron magnitudes de 2.8 a 3.0, y a pesar de que ahora están superando magnitudes de 4.0. Además, y sabiendo a ciencia cierta que sus actividades estaban generando una sismicidad potencialmente peligrosa en una zona con fallas activas, los responsables de esta empresa aseguraban entonces que iban a proseguir con la inyección del gas a plena potencia “como mínimo hasta finales de año”. Por desgracia para ellos (y afortunadamente para la población), ante la oleada de terremotos de mayor magnitud que se están produciendo ahora, el Ministerio de Industria ha decidido paralizar las operaciones de la Plataforma Castor.

Ante la extrema difusión que ha tenido el tema Castor en todos los medios del país, se convocaban en Madrid, durante la tercera semana de octubre, dos reuniones organizadas por sendos colectivos de profesionales directamente implicados en esta problemática: ingenieros y geólogos. El lunes 14 de octubre, el Instituto de la Ingeniería de España, IIE [10], convocó una charla para defender la viabilidad de la plataforma Castor. Participaban, entre otros, el responsable del proyecto Castor, Recaredo del Potro, y dos profesores de ingeniería de hidrocarburos. El jueves 17 de octubre se organizó otra conferencia sobre el mismo tema en la facultad de Ciencias

Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid con la participación del director de una empresa de hidrocarburos y de tres profesores del centro especialistas en geología estructural, tectónica y sismicidad.

En esta reunión del IIE no se permitió al autor de este informe, por primera vez en su trayectoria científica, realizar una pregunta a los conferenciantes, previamente escrita por él mismo y entregada a la mesa, sobre la posible fuga de gas denunciada por Ecologistas en Acción el mismo día que se producía esta conferencia.

En la misma, el director de la Plataforma Castor de USCAL UGS vino a corroborar lo que ya sabíamos desde el punto de vista geológico. El almacén de gas natural, y antiguo yacimiento de Amposta, localizado en calizas kársticas del Cretácico, está limitado en su borde NO por una falla de primer orden de dirección NE-SO (la denominada falla de Amposta, con un movimiento extensional y buzamiento hacia el NO y con un salto de hasta 1000 m), cuya actividad fue constante desde el Mioceno hasta nuestros días. No mencionó el hecho de que fuera activa hoy en día, aunque se podía ver en sus figuras que los sedimentos marinos recién depositados estaban claramente cortados por esta falla.

El almacén de gas corresponde a un “horst” asimétrico, un bloque elevado del zócalo limitado por fallas extensionales a ambos lados, de 5 km por 3 km de dimensiones, que buza al SE y que

10 [http://www.iies.es/El-proyecto-Castor-en-espera-de-encontrar-las-causas-y-prever-las-consecuencias\\_a3229.html](http://www.iies.es/El-proyecto-Castor-en-espera-de-encontrar-las-causas-y-prever-las-consecuencias_a3229.html)

está alargado y condicionado por la dirección NE-SO paralela a la falla.

**Todos los perfiles geológicos y geofísicos que mostró el director de Castor en su ponencia evidenciaban la presencia de multitud de fallas activas limitando y cortando este “supuesto almacén seguro y a prueba de fugas”. Este hecho nos parece de una gravedad extrema ya que demuestra sin lugar a dudas que este almacén no presenta ninguna garantía de estanqueidad.**

También habló el director de Castor de los terremotos, reconociendo que, “por alguna razón difícil de explicar” los seísmos parecían coincidir espacialmente y temporalmente con las inyecciones de gas natural realizadas por su plataforma, aunque quitando relevancia a la responsabilidad de su empresa al asegurar que los terremotos más importantes (los que superaron magnitudes de 4) sucedieron diez días después de que cesaran las inyecciones. **El máximo responsable de Castor parece desconocer que la sismicidad inducida siempre tiene un desfase temporal con respecto a las actividades iniciales de inyección (o extracción).**

Finalmente aseguró que pasados 35 días después del comienzo de las inyecciones y de su cese a mediados de mes, parecía que la sismicidad estaba remitiendo claramente, lo cual es un dato esperanzador. Mostró una serie de mecanismos focales de algunos de los terremotos mayores y habló de posibles movimientos de fallas de desgarre y fallas normales de difícil localización. Estos mecanismos focales indican que **dos juegos de falla se han podido reactivar**: a) la principal, que genera la mayoría de los enjambres alineados según la directriz tectónica NO-SE del Ebro (o Cordillera Ibérica) que corresponde a un desgarre dextral (el que los autores de este informe señalan como el principal responsable de los terremotos) y, b) la NE-SO extensional correspondiente a la denominada “directriz Amposta” que es la que sugieren la mayoría de los especialistas (IGN, IGME, UCM, etc.). El geólogo Martínez-Díaz vino a confirmar estos mecanismos focales, asegurando que de momento no se podía saber cuál de los dos sistemas de fallas era responsable de los seísmos.

La intervención de uno de los geólogos que participó activamente desde el año 1998 con ESCAL UGS en estudios geológicos para el proyecto Castor, consistió en resaltar las “supuestas” bondades de esta plataforma y de su almacén “seguro”, faltando, a nuestro juicio, a la independencia de criterio que debería prevalecer en el trabajo de ciencia para esclarecer la verdad y las causas de los sucesos. Reconoció la abundancia de cavernas kársticas con evidentes problemas de colapso por disolución y relleno de las mismas por brechas. Especialmente preocupante resultó el hecho de que afirmó que se disponía de mucha información geofísica de los potentes rellenos miocenos pero que sin embargo había muy pocos datos sobre la roca almacén que generó el yacimiento de Amposta (los carbonatos cretácicos karstificados). Ante estas afirmaciones nos preguntamos cómo es posible afirmar que tienen absolutamente controlados todos los parámetros que gobiernan la roca almacén y que no existe ninguna posibilidad de fuga.

También afirmó que el programa Amposta/Castor había consultado o encargado en su largo historial hasta 200 campañas sísmicas y 165 sondeos profundos. Por su parte, el director de la plataforma comentó que para poner en marcha el proyecto se necesitaron hasta 42 autorizaciones administrativas y la realización de numerosos informes y estudios geotécnicos ininterrumpidamente desde el año 1998 hasta el año 2011.

**En este sentido insistimos en que todas las empresas implicadas en la explotación de Amposta/Castor deben facilitar urgentemente la documentación completa de que disponen para que las autoridades puedan evaluar correctamente sus actuaciones desde el año 1973 hasta el día de hoy y poder tomar decisiones adecuadas a la hora de decidir el futuro de esta plataforma.**

Varios geólogos que intervinieron después coincidieron en confirmar que **la región del Castor es sismogénicamente activa**, que los actuales enjambres de epicentros publicados en esta zona (que marcan una clara directriz NO-SE) no son fiables de momento dada la escasa red de sismógrafos en la zona, que por ello se debería

esperar a que fueran relocalizados por el Instituto Geográfico Nacional para poder relacionarlos con el contexto geodinámico de la zona **y que las máximas magnitudes que se podían esperar en estas fallas reactivadas podrían alcanzar magnitudes máximas de entre 6 a 7.0**

**Con estas magnitudes, un tsunami está asegurado, ¡cómo para estar tranquilos en las costas de Vinaroz!**

En este sentido, el geólogo Álvarez-Gómez expuso los posibles riesgos de tsunamis como consecuencia de la actividad sísmica reciente que podría inducir deslizamientos de los sedimentos someros marinos que se encuentran en los acantilados submarinos. Mostró un amplio sector alrededor de la plataforma Castor con abundantes signos de paleo-deslizamientos de sedimentos poco consolidados, como resultado de la actividad paleosísmica recurrente en esta zona desde hace muchos miles de años, y alertó de que **un tsunami provocado por un terremoto de magnitud 7.0 podría generar una catástrofe en las poblaciones costeras de Castellón, Tarragona, o las islas Baleares. Como ya hemos mencionado, esta magnitud entra dentro de las posibilidades contempladas por algunos de los especialistas de la Universidad Complutense de Madrid o del Instituto de Ingeniería de España.**

Ante nuestra insistencia sobre el innegable riesgo de escapes masivos de gas desde el almacén Castor, solo recibimos posiciones a la defensiva mientras confirman que "todo está bajo control" y se nos tacha de alarmistas. Nos preguntamos si todo está bajo control de la misma manera que no se tenían previstos terremotos superiores a 4.0 en ninguno de los cálculos teóricos previstos que la propia empresa realizó.

Finalmente, el catedrático de la UCM y director del departamento de Ingeniería Geológica, Luis González de Vallejo, denunció que **las operaciones en Castor no contaron con los estudios geotécnicos rigurosos (ensayos de análisis tensional, etc.) que serían obligatorios en un caso tan importante como este y que por lo tanto constituían una gravísima imprudencia temeraria y una imperdonable negligencia por par-**

**te de la empresa explotadora.**

El Instituto Geográfico Nacional envió un comunicado acerca de los anteriormente citados enjambres sísmicos al este de Vinaroz. [11] En este comunicado se puede leer que, "*Desconocíamos que se estuviera efectuando ningún tipo de inyección de gas en esta zona*". ¿Cómo se puede afirmar esto cuando todo el mundo estaba enterado de ello, ya que había sido ampliamente publicitado? Parece obligación del IGN estar al tanto de todas estas actividades potencialmente generadoras de terremotos, siendo el máximo responsable de sismicidad en el estado español.

También se afirmaba en este comunicado, "*podemos corroborar que se trata de un SEÍSMO TECTÓNICO igual al que estamos detectando en otras partes de la península*" y otra como que, "*es un fenómeno como el que puede producir cualquier pequeña falla pero lo cierto es que se trata de una zona con escasa actividad sísmica y donde no suelen registrarse este tipo de fenómenos*". Algo inaudito, pues la misma empresa que está inyectando el gas reconoce que los terremotos están provocados por sus actividades antrópicas. Si no es una zona sísmica, esto demuestra que se ha reactivado por alguna razón, como por ejemplo la inyección masiva de gas en la corteza como consecuencia de las operaciones de la plataforma Castor. "*Frente a las costas de Vinaroz no existe ninguna gran estructura de fallas que pueda generar seísmos de gran magnitud y ni siquiera de intensidad media*". Los enjambres de terremotos publicados por el propio IGN muestran claramente que están alineados según una directriz NO-SE típica de la península ibérica y todos los mapas tectónicos de la zona también representan la famosa directriz Amposta NE-SO que es sismogenética. Para finalizar, "*el Instituto Geográfico reitera que los 31 seísmos en Vinaroz no suponen riesgo*".

**Parece obvio que esto no es cierto a la vista de los terremotos con magnitudes superiores a 4.0 que están alarmando a toda la población.**

En otra nota de prensa relativa a esta sismicidad

---

11 <http://www.levante-emv.com/castello/2013/09/12/instituto-geografico-reitera-31-seismos/1031930.html>

[12], la ciencia de la vieja escuela volvía a insistir que estos terremotos están producidos por “las tensiones entre las placas africana y eurasiática”: para estos académicos vale la misma receta para cualquier terremoto que se produzca en la península (Jaén, Lorca, Navarra, etc.).

Nuestra interpretación de la sismicidad generada por las inyecciones de gas en el Castor es bastante sencilla ya que basta observar la distribución de los enjambres de terremotos en el Golfo de Valencia para comprender que tienen una clara alineación según una de las directrices tectónicas más famosas de la Península Ibérica (ver figura 3 de este informe, base tomada del mapa tectónico de España): NO-SE o directriz de la Cordillera Ibérica. En la figura 4 (base tomada del mapa sismotectónico de la península Ibérica) se muestra cómo esta directriz tectónica es también paralela a la lineación del río Ebro, y además se observa que la zona marítima reactivada alrededor de Castor figura como una de las áreas menos sismogénicas de España (“en condiciones naturales”).

Esta directriz tectónica, supuestamente “apagada”, se ha reactivado por la inyección forzada de gases en una zona de la corteza inestable: es un claro caso de sismicidad inducida reconocido por la propia empresa explotadora. Se trata de una directriz que contribuyó a la apertura del Golfo de Valencia a partir de finales del Oligoceno y principios del Mioceno, funcionando como “transfer fault” dentro de una tectónica extensional de detachments de bajo ángulo NE-SO buzando al SE (Doblas & Oyarzun, 1990, Marine Geology, 94, 155-163). Nuestra interpretación es radicalmente diferente a la que sugieren el IGME, el IGN o algunos de los profesores de la UCM comentados anteriormente, que insisten en hablar del “sistema de fallas de Amposta” con una dirección NE-SO (figura 5) perpendicular a la que se observa en los enjambres de Vinaroz, y que en nuestra opinión no se han activado de momento.

Según el geólogo Martínez-Diez de la UCM hay que tener cuidado a la hora de interpretar los

12 <http://www.levante-emv.com/sucesos/2011/03/12/tensiones-placas-provocan-microseismos-c-valenciana/789889.html>.

Figura 3



Figura 4

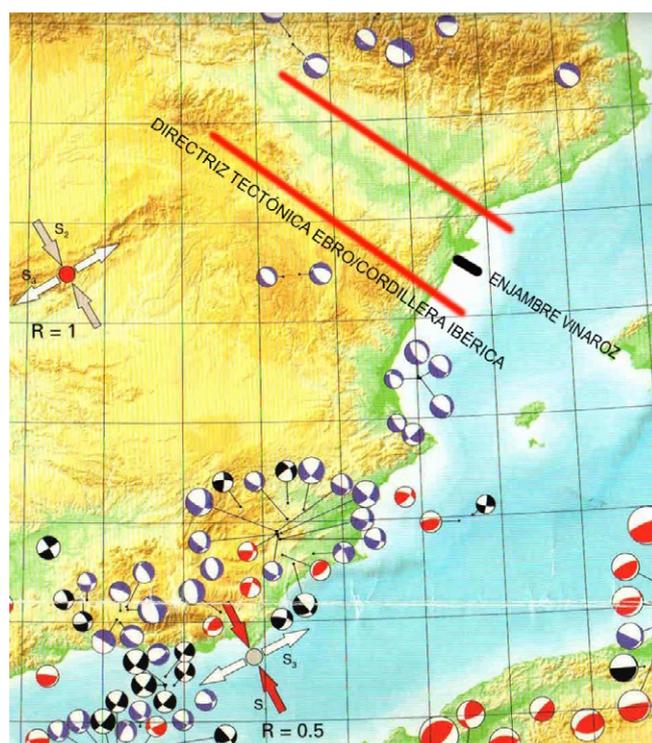
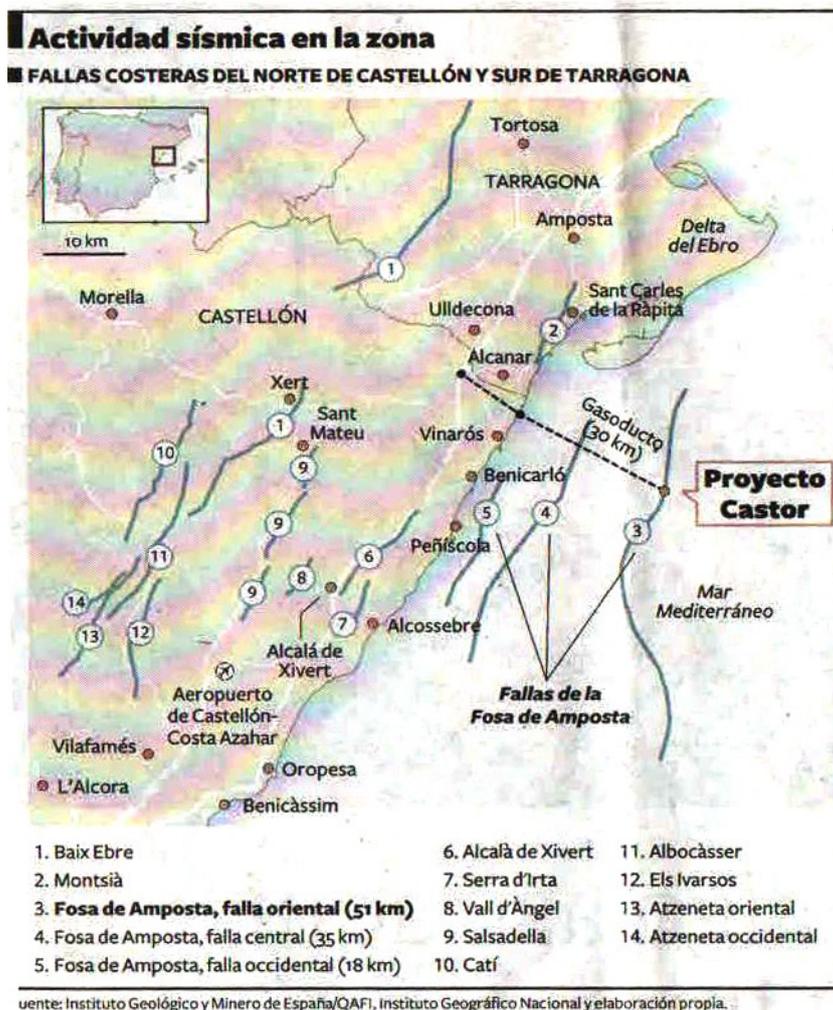


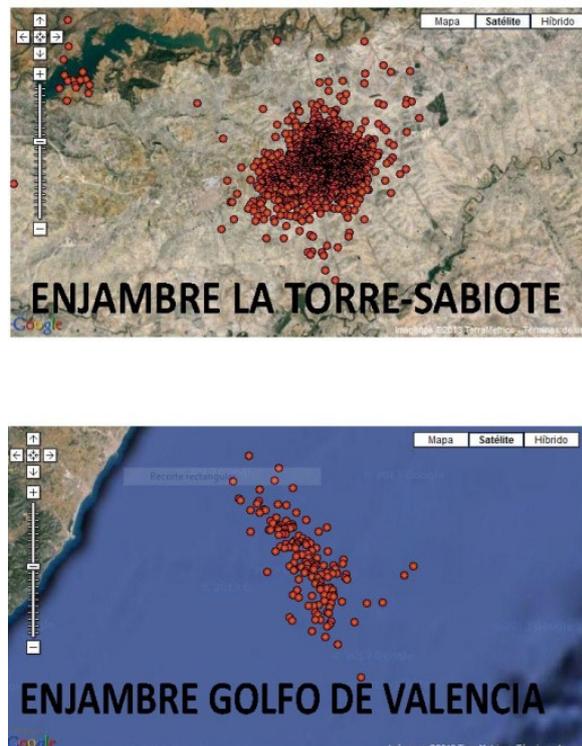
Figura 5



enjambres facilitados por el IGN porque, como suele ocurrir cuando hay pocas estaciones sísmicas de medida, es necesario esperar a obtener la relocalización correcta de los epicentros para llegar a conclusiones válidas. En todo caso, en el Golfo de Valencia se puede hablar sin duda de que este enjambre direccional viene condicionado por una falla del subsuelo, a diferencia de los casi 3000 terremotos de la Loma de Úbeda que formaban un enjambre subcircular relacionado con un mecanismo de hidrosismicidad adireccional resultado de las intensas lluvias y de las extracciones masivas de agua de los acuíferos profundos (figura 6), como hemos puesto de manifiesto en varios medios y publicaciones [13].

13 <http://brainstorminggeology.blogspot.com.es/2013/09/sismicidad-reciente-inducida-por-la.html>

Figura 6



## 2. Riesgo de fuga masiva de gas natural

Como ya hemos comentado, todas las informaciones están ahora mismo focalizadas en el riesgo sísmico para la población, pero nadie parece haberse hecho eco del otro riesgo que desde Ecologistas en Acción hemos denunciado en los medios el 4 de octubre: la posible ruptura del techo del almacén de gas natural (básicamente se trata de metano) por algún terremoto adicional y su fuga masiva hacia la atmósfera, atravesando los 60 metros de mar (con los consiguientes daños para este ecosistema). Recogidas las declaraciones de Ecologistas en Acción en algunos medios como La Vanguardia [14], se puede leer que:

*“expertos consultados advierten de que la mayor peligrosidad radica en el caso de producirse el escape de gas hacia las capas geológicas; si la fuga tiene lugar en el pozo de sondeo o junto a la plataforma se detecta de forma rápida y es fácil de corregir. Pero si el gas se hubiera fugado por la falla principal, clave para la estanqueidad del controvertido almacén, el panorama sería crítico, pues la presión ejercida por el gas sobre la falla podría explicar la posterior sucesión de seísmos. No se descarta técnicamente que la fuga pueda ser intermitente”.*

Tras estas declaraciones, la empresa explotadora de Castor insiste que en su momento alertaron a los inversores acerca de posibles escapes de gas del almacenamiento subterráneo. El argumento que utiliza ESCAL UGS es justo el contrario del que denunciarnos. Según la empresa “no hay fugas de gas y estas, por lo tanto, no pueden estar en el origen de la sismicidad ocasionada en la zona” como parecen apuntar algunos investigadores.

USCAL UGS ha llegado a afirmar que “no se ha escapado ni una molécula de gas por las fallas supuestamente activas” Pensamos que no es posible hacer esta afirmación, ya que siempre se escapa algo de gas ya que la corteza no es un almacén hermético. Asegura también que conocen perfectamente la falla que sella el almacén y han invertido 30 millones de euros en analizar la geología de la zona. Es decir, que resulta que saben que el almacén está sellado por una falla activa y lo instalan allí. El tema de la inversión

---

14 <http://www.lavanguardia.com/vida/20131009/54390731580/proyecto-castor-inversores-riesgo-fuga-gas.html#ixzz2hDuxXK5C>

en estudios geológicos y geofísicos previos que asegura haber llevado a cabo tendrá que demostrarlo, ya que las autoridades estatales y muchos científicos han afirmado en varios medios de comunicación que no se realizaron los informes previos pertinentes [15]. En contradicción con las declaraciones de Recaredo del Potro, en una reciente nota de prensa queda patente que ACS y sus socios sabían que podían producirse fugas de gas en el subsuelo de Castor [16].

Ahora también sabemos que el seguro que tienen contratado con la empresa Generali no les cubre en caso de escapes de gas del almacén [17]. ¿Tendrá esto algo que ver con el hecho de que USCAL UGS y sus socios nieguen reiteradamente que se pueda producir cualquier tipo de fuga de gas en el almacén? Probablemente les preocupe la posibilidad de no cobrar la indemnización millonaria que reclaman.

Nuestra hipótesis sobre la posible fuga de gas natural del almacén del Castor se basa en parte en la tesis que exponen en su trabajo los autores americanos antes citados (Zoback & Gorelick, 2012, v. 109, nº26, Proceedings of the National Academy of Sciences de EEUU, p. 10164-10168) y que viene a plantear que **los terremotos pueden fisurar y terminar de romper parte del techo del almacén de gas y entonces, como consecuencia de los mismos, se podría escapar el gas natural de manera violenta**. En el trabajo de estos investigadores de la Universidad de Stanford se asegura que *"la inyección a gran escala de CO<sub>2</sub> bajo tierra puede provocar terremotos de magnitud imprevisible en zonas del interior continental, porque el aumento de la presión puede despertar fallas dormidas"*. Los autores documentan otra serie de casos donde la manipulación de fluidos bajo el terreno cambia las condiciones corticales y ha desatado movimientos sísmicos. Y aunque estos efectos se han notado a pequeña escala, advierten, *"la situación sería mucho más problemática si terremotos de una talla similar fueran desatados en formaciones creadas*

*para secuestrar el CO<sub>2</sub> durante cientos de miles de años"*. En resumen, estos autores aseguran que **las condiciones de estanqueidad de estos almacenes profundos de gas pueden verse fácilmente alteradas por las perturbaciones sísmicas y entonces se puede producir el escape del gas almacenado a lo largo de fracturas, fisuras o fallas reactivadas por los terremotos**.

Este es el caso que denunciamos para el almacén subterráneo de gas natural de Castor, donde se sabe que una falla de primer orden limita uno de los bordes de dicho almacén, además de estar cortado por multitud de fallas secundarias. Debemos hacer constar que los investigadores americanos han analizado el almacenamiento del CO<sub>2</sub> que es un gas más pesado que el aire (y por lo tanto no tendería a escaparse con tanta facilidad), mientras que el gas natural (básicamente metano) que se inyecta en Castor es mucho más ligero que el aire y tendería a escaparse violentamente hacia la superficie. Los escapes naturales de metano en las zonas de plataformas marítimas son conocidos por generar estructuras catastróficas al salir bruscamente, dando lugar a espectaculares "volcanes de barro", deslizamientos submarinos de gran escala, tsunamis, etc., y se relacionan directamente con el cambio climático global del planeta en zonas polares donde se acumulan bajo el hielo, en Antártida y Ártico.

El antiguo yacimiento de hidrocarburos de Amposta que explotó en su día la empresa Shell, es el que está siendo utilizado para rellenar la roca porosa (vaciada por las extracciones de esta compañía) con gas natural. Es muy importante tener en cuenta que la corteza no se comporta como un material dúctil (como si fuera un globo que se hincha y se deshincha a voluntad) y en la zona, "la mano del hombre ha intervenido" ya muchas veces y es más que probable que el almacén subterráneo haya quedado dañado por fracturas y/o fisuras por estos procesos alternantes y repetitivos de contracción y expansión: 1) vaciado de los hidrocarburos por la empresa Shell (contracción); 2) relleno del almacén por agua de mar (¿Shell o ESCAL UGS?: expansión); 3) vaciado del agua de mar para poder dejar espacio al gas que se inyectaría posteriormente (ESCAL UGS; contracción); y, 4) inyección de

15 <http://www.diaridetarragona.com/noticia.php?id=10457>

16 [http://www.elconfidencial.com/empresas/2013-10-15/acs-y-sus-socios-sabian-que-podia-haber-fugas-de-gas-en-el-subsuelo-de-castor\\_41648/](http://www.elconfidencial.com/empresas/2013-10-15/acs-y-sus-socios-sabian-que-podia-haber-fugas-de-gas-en-el-subsuelo-de-castor_41648/)

17 [http://www.elconfidencial.com/empresas/2013-10-19/generali-aseguro-el-polemico-proyecto-castor-sin-cubrir-riesgos-de-fuga-de-gas\\_43441/](http://www.elconfidencial.com/empresas/2013-10-19/generali-aseguro-el-polemico-proyecto-castor-sin-cubrir-riesgos-de-fuga-de-gas_43441/)

gas natural COMPRIMIDO en el almacén (ESCAL UGS; sobre-expansión por el gas comprimido). **¿Nadie se ha planteado que este es un proceso antrópico violento no es apto para una corteza terrestre que lleva millones de años evolucionando al ritmo normal que impone la naturaleza?**

También cabe preguntarse cómo y dónde se deshicieron del agua de mar contaminada con hidrocarburos del antiguo yacimiento de Amposta: lo más probable es que la soltaran directamente al mar y esa información no la conoce nadie. En este mismo sentido, Isaac Álvarez (en su charla del IIE) expuso su tesis **de que el techo del almacén de los antiguos yacimientos de hidrocarburos de Amposta se hubiera podido debilitar y fracturar como resultado del largo historial de explotación de la roca almacén que había sufrido, según él, hasta 20 o 30 procesos cíclicos de llenado y vaciado de diferentes fluidos (petróleo, gas, agua de mar, etc.): este yacimiento fue explotado por Shell de 1973 a 1989, y tras 23 años de interrupción, USCAL UGS empezó a inyectar el gas natural a partir de 2012.** En este tema existen discrepancias graves que muestran la preocupación de las empresas de hidrocarburos que no quieren que se sepa lo que sucedió realmente. Creemos que es indispensable que la documentación completa existente sobre todo el historial de explotación de esta zona (Shell y USCAL UGS) sea puesta a disposición del comité de expertos que tiene que analizar el tema de Castor.

En su interesante intervención ante la IIE, Isaac Álvarez, profesor de la Escuela de Ingenieros de Minas de Oviedo, propuso una interpretación alternativa para explicar la desestabilización del subsuelo de la plataforma Castor [18]. **La novedosa hipótesis es que en la zona de Castor las numerosas y gigantescas cavernas kársticas de la roca carbonatada estuvieran colapsando, induciendo el asentamiento y compactación de todo el subsuelo, lo cual podía conllevar el colapso kárstico generalizado de todo el techo del almacén según un gigantesco cono de hundimiento (que abarcaría el conjunto del yacimiento, 5 x 3 km). Su hipótesis viene**

18 [http://www.iies.es/El-proyecto-Castor-en-espera-de-encontrar-las-causas-y-prever-las-consecuencias\\_a3229.html](http://www.iies.es/El-proyecto-Castor-en-espera-de-encontrar-las-causas-y-prever-las-consecuencias_a3229.html)

**a plantear una grave posibilidad que certifica el riesgo de escape de gas natural que hemos denunciado, apuntando que no solo se puede escapar el gas por una serie de fisuras, fracturas o fallas reactivadas por los seísmos, sino planteando que se podría llegar a hundir todo el techo del almacén: en este caso, no solo se escaparía la totalidad del gas natural de forma violenta, sino que cabe la posibilidad de que la plataforma Castor se hunda.**

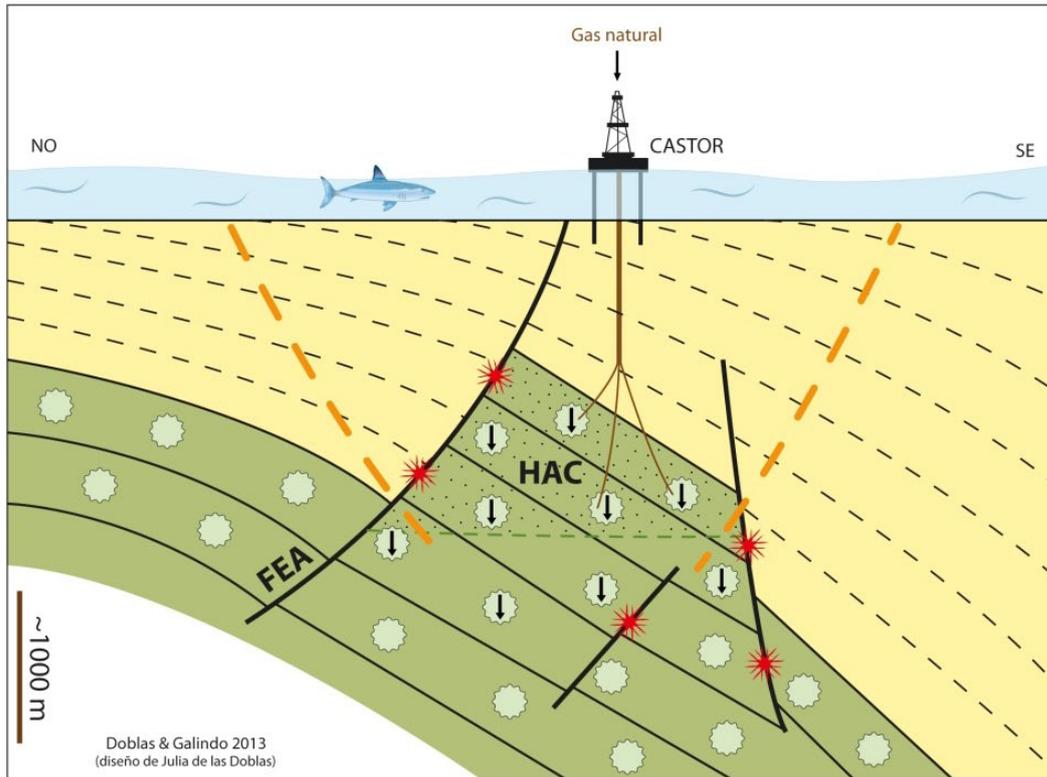
A continuación incluimos en el informe un esquema altamente idealizado que hemos diseñado y que viene a resumir de manera sencilla y didáctica los riesgos potenciales de fuga masiva de metano que pudieran ocurrir como resultado de la activación de la sismicidad en el entorno de la plataforma Castor (figura 7). En principio las poblaciones costeras no deberían sufrir directamente las consecuencias de estos escapes de metano, ya que la plataforma está suficientemente alejada de la costa y el metano asciende rápidamente hacia las capas altas de la atmósfera, pero el vertido de este gas tóxico produciría un desastre en el ecosistema marino. Existen básicamente dos escenarios diferentes para este catastrófico escape de metano:

**1) RUPTURAS DEL TECHO:** como resultado de las continuadas inyecciones y extracciones que se han producido durante el largo historial de explotaciones antrópicas de este yacimiento (Amposta/Castor), el techo del almacén se encuentra debilitado y fisurado y los terremotos generados como resultado de la inyección de gas natural pueden constituir “la gota que colma el vaso”, terminando de romperlo (o abriendo la gran falla extensional que lo limita al NO), con lo cual se escaparía masivamente el gas y se podría incendiar la plataforma.

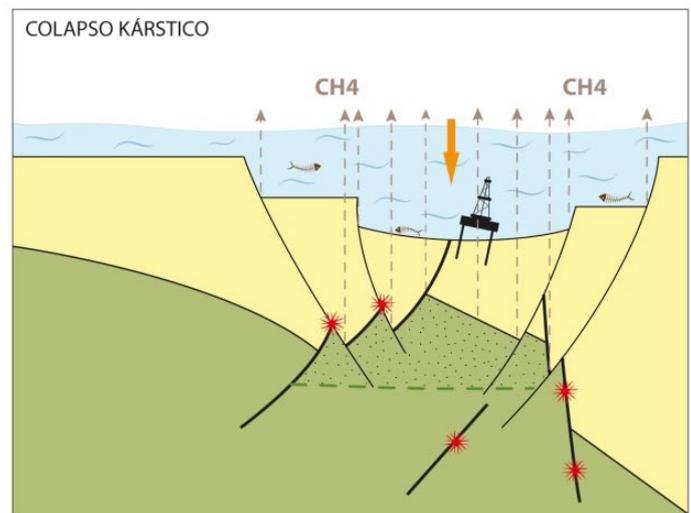
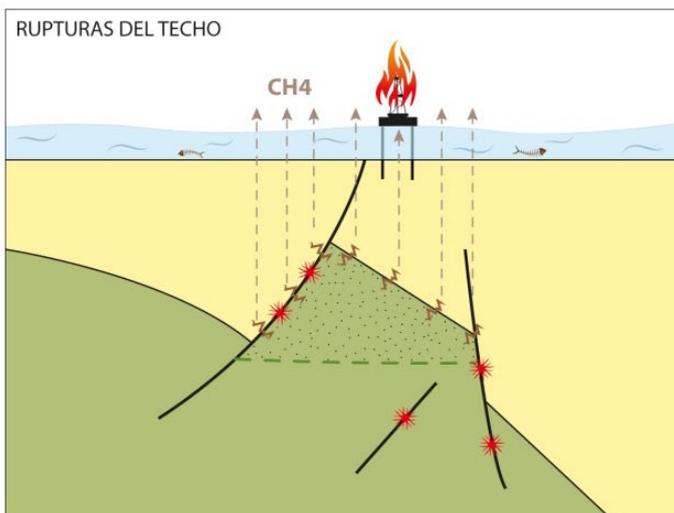
**2) COLAPSO KÁRSTICO:** las calizas cretácicas que constituyen el almacén de los hidrocarburos extraídos y del gas natural inyectado están intensamente karstificadas y presentan enormes cavidades que se están disolviendo y colapsando poco a poco debido al repetitivo ciclo de inyección/extracción de fluidos inducido por las actividades humanas. En la figura 7 representamos el potencial cono de hundimiento y el posible desenlace más catastrófico en términos del hun-

Figura 7

## RIESGOS DE FUGA MASIVA DE METANO EN LA PLATAFORMA CASTOR



- Relleno Mioceno - Cuaternario
- Calizas cretácicas kársticas (roca almacén de Amposta y reservorio de Castor)
- Antiguo yacimiento Amposta (utilizado por Castor)
- Disoluciones y colapsos en cavidades kársticas
- Seísmos inducidos por inyección de gas natural
- Fallas
- FEA** Falla extensional de Amposta
- HAC** Horst Amposta/Castor
- Cono de posible colapso masivo del subsuelo por disoluciones de cavidades kársticas (Álvarez, 2013)
- Fracturación del techo del almacén inducida por seísmos
- Colapso masivo del subsuelo por disoluciones kársticas y sismicidad



dimiento y colapso masivo de todo el subsuelo, con el consiguiente escape masivo de metano y hundimiento de la plataforma. Este tipo de "mega-dolinas" o huecos gigantescos de colapso de la superficie son muy comunes en zonas kársticas: e.g., el famoso "Sótano Golondrinas en Méjico (con más de medio kilómetro de profundidad, figura 8), las numerosas dolinas rellenas de agua que son famosas en ciertas regiones de China, el gigantesco hueco que se produjo en la ciudad de Guatemala, etc.

Si se llegara a romper el techo del almacén como consecuencia de un temblor, el escape del metano se podría comparar (con las debidas reservas, por supuesto) con la violenta explosión de un globo enterrado e hinchado de aire comprimido: se vería en la superficie del mar una especie de "gigantesco burbujeo" de gas (parecido a lo que ocurrió durante la erupción subterránea de la isla de el Hierro, aunque en Castellón no se trata de vulcanismo). Esto iría acompañado de un fuerte olor a "huevos podridos" (aunque este gas no huele, le añaden una sustancia para que se pueda detectar). Probablemente aparecerían muchas especies marinas muertas y no es necesario reseñar que se podrían producir explosiones si este gas entra en contacto con algún foco de fuego. No cabe duda de que la plataforma Castor es la zona de más riesgo en este sentido ya que cualquier chispa podría incendiarla o hacerla volar por los aires. Parece mentira que las autoridades no se hayan dado cuenta del riesgo que implica esta posibilidad. Estamos seguros de que la compañía explotadora de la plataforma lo sabe a ciencia cierta, pero callan prudentemente para no levantar la alarma.

Ciertos defensores de estas prácticas de inyección de gas natural para fines estratégicos intentan defender la "inocencia" de la plataforma Castor en el tema de la sismicidad, aduciendo que otras plantas similares en España nunca han generado problemas: la gran diferencia entre este tipo de inyecciones en tierra y en el mar es que en el caso del almacén submarino de Castor existe una pesada columna de agua encima (60 metros) que amplificaría muchísimo la posible fuga del gas natural expulsándolo a la fuerza del almacén. Recordemos que el metano es un gas mucho más ligero que el aire que respiramos y

su tendencia sería a salir rápidamente y disiparse hacia las capas altas de la atmósfera. Los almacenes en tierra no tienen ese enorme peso de agua sobrepuesto y la fuga de gas sería más progresiva y se podría controlar de alguna manera. En el mar no hay modo de controlar esto.

A pesar de todo, se insiste que las otras tres plataformas de inyección de gas en España (Gaviota, Serrablos y Marismas) nunca han generado ninguna sismicidad ni escape de gas o se recalca que la plataforma Gaviota en el mar Cantábrico estaba situada en una zona sísmicamente más compleja que Castor y eso demostraba la "inocuidad" del programa Castor. **El hecho cierto es que la plataforma Castor ha inducido una sismicidad espacial y temporalmente asociada con su emplazamiento y con el comienzo de las inyecciones de gas**, en una zona del Golfo de Valencia que es de las menos sísmicas de la península ibérica y en ello coinciden todos los expertos consultados (hasta la propia empresa reconoce su responsabilidad, ante la obviedad de las relaciones entre ambos fenómenos).

La gran diferencia con las otras plataformas en activo en España es que todas ellas pasaron sin interrupción de la fase de extracción de hidrocarburos a la fase de inyección de gas natural, mientras que en el caso de Castor entre ambas operaciones comerciales pasó casi un cuarto de siglo y el comportamiento de la corteza con sus millones de años de respuesta naturales no tiene nada que ver con un almacén fabricado por el hombre que está adaptado a nuestro corto es-

**Figura 8**



Figura 9



pacio temporal (como mucho decenas de años) de frenéticas actividades explotadoras destinadas en exclusiva a ingresar la mayor cantidad de dinero en el más corto espacio de tiempo, sin miramientos por las repercusiones ambientales.

Ante la evidencia de este riesgo de escape masivo del gas natural como resultado de un terremoto final que represente “la gota que colma el vaso”, lo lógico sería que las autoridades tomaran **medidas urgentes e inmediatas destinadas a minimizar esta amenaza**, como por ejemplo: 1) desalojar urgentemente la plataforma Castor de todo el personal que se encuentra allí y paralizar toda actividad en la misma, por mínima que sea (cualquier chispa podría hacerla explotar ante un posible escape de gas, como ocurrió en la plataforma Deepwater Horizon en el Golfo de Méjico); 2) delimitar una amplia zona de prohibición de toda circulación marítima y/o aérea de baja altitud alrededor de la plataforma; 3) establecer una vigilancia constante de las variaciones que pueda sufrir la zona alrededor de Castor (pérdidas de gas natural, subsidencias o colapsos del lecho marino, “súbitos burbujeos” de gas en la superficie del mar, fuertes olores a “huevos podridos”, aparición de una gran cantidad de peces muertos, etc.); 4) alertar e informar a las

poblaciones costeras sobre las posibles medidas a tomar ante una fuga masiva de gas natural en la zona; 5) monitorizar constantemente las condiciones atmosféricas (sobre todo la dirección del viento) ante la posibilidad de este escape de gas natural; etc.

Hay que recordar la enormes repercusiones de todo tipo (ecológicas, políticas, económicas, etc.) de la explosión de la plataforma de Deepwater Horizon de BP en Abril de 2010 en el Golfo de Méjico, provocando una auténtica catástrofe ecológica en la zona [19] (causada por una fuga de gas metano en la plataforma; figura 9). Otros vertidos de metano en el Golfo de Méjico relacionados con la extracción de hidrocarburos también han dejado sus terribles secuelas en los ecosistemas de esta región. Las autoridades españolas deben concienciarse de este riesgo real y tomar urgentemente las medidas oportunas para paliar en lo posible esta posible catástrofe.

19 [http://www.elmundo.es/america/2010/04/22/estados\\_unidos/1271966549.html](http://www.elmundo.es/america/2010/04/22/estados_unidos/1271966549.html)  
<http://es.sott.net/article/15542-Gas-metano-nueva-amenaza-en-el-golfo-de-Mexico>

# 3. Otros riesgos medioambientales relacionados con la actividad antrópica en el subsuelo de España

## 1. Otros proyectos de inyección forzada de fluidos en España que deben vigilarse

A) En el sur de España, han salido a la luz recientemente un par de proyectos para explorar/explotar hidrocarburos en el Mar de Alborán en un gigantesco sector, 400.000 hectáreas. Se trata del Proyecto Siroco [20] (gestionado por Repsol y Gas Natural) que cubre la zona marítima entre Vélez y Mijas (Málaga) y del Proyecto Chinook (empresa canadiense CNWL Oil España) que abarca una enorme franja entre Vélez-Málaga (Málaga) y Adra (Almería). Estos proyectos han sido publicitados hace dos años por un periódico local de habla inglesa, una comunidad que está familiarizada con estos riesgos en las costas de su país y se muestra lógicamente preocupada por las consecuencias de estas actividades a solo 9 km de la costa del sur de España.

Además, y según hemos sabido recientemente, existe otro proyecto en fase de estudio para implantar en un futuro más o menos cercano otra plataforma de inyección de gas natural (similar a la Castor) en el Golfo de Cádiz.

Los medios de comunicación nacionales no parecen haberse hecho eco de estos peligros inminentes que se ciernen sobre la zona más turística de la península. Lo más increíble de todo es que estos proyectos cuentan con el visto bueno de la administración española que afirma que no hay ningún riesgo para el medio ambiente y que esta actividad reportará a la larga bonanza económica y beneficios turísticos. Para tranquilizarnos, la administración asegura que España ya tiene experiencia en exploraciones/explotaciones de hidrocarburos offshore: llevan 15 años operando "sin ningún efecto negativo" en tres pozos de Repsol en el Golfo de Cádiz (Proyecto Poseidón).

Sin embargo, parece obvio que existen dos peligros potenciales derivados de estas actividades en el Mar de Alborán: 1) Los fluidos contaminantes que se inyectan y extraen en la explotación de hidrocarburos terminarán difuminándose sin

20 <http://www.boe.es/boe/dias/2011/07/08/pdfs/BOE-A-2011-11751.pdf>

control en las aguas del Mediterráneo, ya que a diferencia de las operaciones “onshore” donde se puede hacer un seguimiento de la contaminación de las aguas, las que se realizan “offshore” no tienen control posible. 2) El Mar de Alborán es una de las zonas sísmicamente más activas del Mediterráneo occidental, estando localizado en el contacto entre la Placa Africana y la Placa Euroasiática que llevan convergiendo y colapsando desde hace muchos millones de años [21].

B) Existe otro proyecto de inyección forzada de agua, de aplicación inmediata, que demuestran la nula sensibilidad de la administración española en temas de sismicidad inducida. La Comunidad de Madrid tiene aprobado desde el año 2010 un proyecto aparentemente ecológico y positivo para las reservas de agua, con el objetivo de recargar el acuífero de Madrid a profundidades entre 450 y 700 metros con el excedente de los embalses en años de abundancia [22]. Por el momento hay tres pozos de inyección forzada en fase de pruebas. En un futuro inmediato se ampliará este proyecto a más de 50 pozos de recarga, muchos de ellos concentrados en el SO de la Comunidad. ¿Tiene algo que ver esta “genial idea tecnológico-ecológica” en fase de aplicación con la reciente actividad sísmica inusual registrada recientemente en el sur de esta región (hasta 29 temblores el año pasado, con una magnitud máxima de 3 en Alcorcón [23])? ¿Debemos tranquilizarnos porque los responsables del IGN ya están **“buscando la supuesta falla oculta que hace temblar Alcorcón y es el resultado del choque de las placas africanas y europeas”**? ¿A algún responsable científico de la administración se le ha ocurrido relacionar ambos datos?

## 2 Los peligrosos proyectos de *fracking* (fracturación hidráulica) en España con riesgos sísmicos comparables o superiores a los causados por la Plataforma Castor

Además de los innumerables informes técnicos y científicos que indican claramente los riesgos ambientales de todo tipo asociados a la fracturación hidráulica, uno de los principales peligros asociados con esta técnica está relacionado con la sismicidad inducida que suele derivarse de la misma. Este tipo de sismicidad producida por la actividad humana forma un vasto campo de estudios bien documentado desde hace décadas en diferentes campos del conocimiento como la geología, la ingeniería, etc. Esta amenaza latente se toma muy en serio en países como Estados Unidos, Canadá, Francia, Inglaterra, Holanda, etc.

Por desgracia no se puede decir lo mismo de España, donde, aunque el *fracking* todavía no se ha llevado a la práctica, existen muchos proyectos amparados por leyes muy recientes para explotar libremente el “tristemente famoso” gas de esquisto, utilizando estas peligrosas técnicas de inyección forzada de agua (más otros fluidos contaminantes), con la excusa de que parece haber tenido un gran éxito económico en EE UU. Sin embargo, los riesgos ambientales son tan evidentes que países como Francia ya se han negado a aplicar esta técnica y en España muchas comunidades autónomas, provincias o municipios se han declarado abiertamente “antifrackingistas” y la opinión pública está mayoritariamente posicionada en contra de este tipo de explotaciones de gas no convencional.

Una de las consecuencias reconocidas en la bibliografía consiste en el riesgo de inducir terremotos en las zonas donde se lleva a cabo el *fracking*. El *fracking* va asociado a dos tipos de actividades que son potencialmente peligrosas a la hora de generar seísmos: a) Las explosiones iniciales que se utilizan para fragmentar la roca a gran profundidad y así poder liberar el gas de esquisto; y, b) La continuada inyección forzada de agua y otros fluidos altamente contaminantes en la corteza que cambia radicalmente su es-

21 Doblas & Oyarzun, 1989, *Geology*, 17, 430-433; Doblas & Oyarzun, 1989, *Earth & Planetary Science Letters*, 93, 76-84; Doblas y otros, 2007, *Geological Society of America Special Paper* 418, p. 303-320

22 [http://ccaa.elpais.com/ccaa/2012/03/19/madrid/1332189861\\_056240.html](http://ccaa.elpais.com/ccaa/2012/03/19/madrid/1332189861_056240.html)

23 *20 Minutos*, 24 octubre 2012

tado de esfuerzos natural.

Toda la cuenca del Guadalquivir está siendo analizada exhaustivamente por diferentes empresas petrolíferas con el objetivo de poder efectuar estas explotaciones de alto riesgo. Lo más preocupante es que en la zona de continuada actividad sísmica desde el año 2010 en la Loma de Úbeda (Jaén), existen hasta cinco concesiones o permisos previos de investigación de la compañía Oil and Gas Capital (Himilce 1, 2, 3; y Ulises 2 y 3) para poder efectuar fracturación hidráulica y obtener el tan ansiado "gas no convencional". La ciudadanía se ha alineado masivamente en contra de estos permisos en varias plataformas antifracking andaluzas (e.g., "Plataforma Torreperogil Libre de Fracking"). Recordemos que Torreperogil y Sabiote han sido los principales focos de los casi 3.000 terremotos del 2012/2013 (a día de hoy se ha reactivado de nuevo la sismicidad en esta comarca), mientras la población sigue esperando "desesperadamente" el tan cacareado informe del comité de expertos liderado por el IGN que no acaba de llegar, un año después de los terremotos más graves ocurridos en el año 2013.

Parece absolutamente lógico que operaciones de inyección forzada de fluidos en una corteza sísmicamente activa desde el año 2010 sean altamente desaconsejables, pero ni las autoridades regionales de la Junta de Andalucía, ni las administraciones competentes del Estado, parecen darse por enteradas del auténtico riesgo que el *fracking* puede entrañar en este caso tan sensible. Para hacernos una idea, la aplicación de la técnica del *fracking* en Jaén tendría efectos similares o bastante peores (en cuanto a sismicidad inducida) que las inyecciones forzadas de gas en la plataforma Castor, que están alarmando tanto a las poblaciones de Castellón y que han forzado al Ministerio de Industria a paralizar sus operaciones.

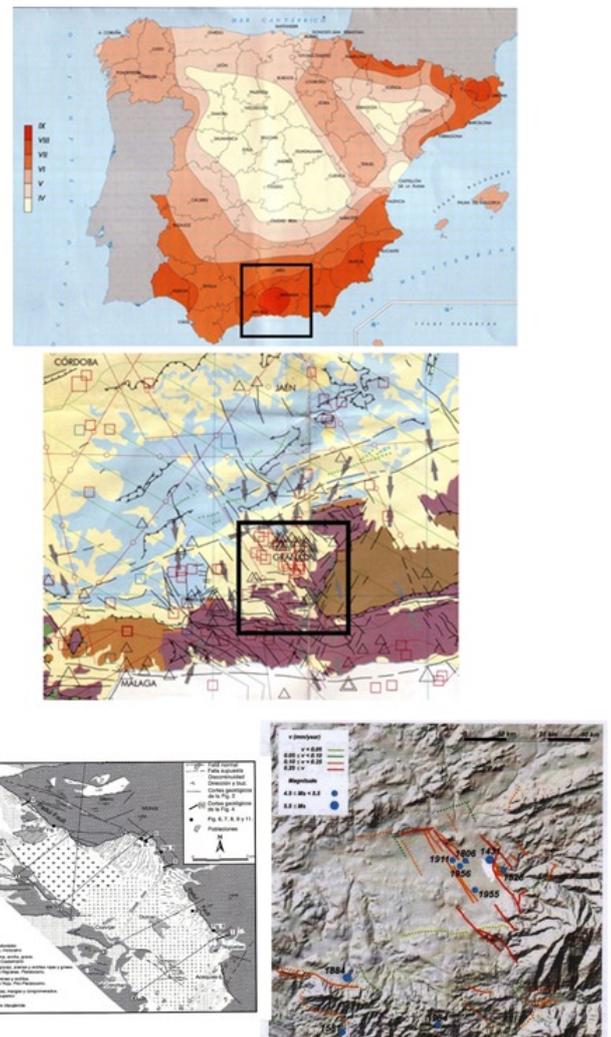
¿Qué responsable político en su sano juicio se atrevería a autorizar actividades de alto riesgo como el *fracking* en la comarca jiennense de la Loma de Úbeda que lleva activa sísmicamente desde hace cuatro años, a la vista de lo que está ocurriendo en el Golfo de Valencia?

### 3. Varias actuaciones antrópicas de alto riesgo que se llevan a cabo en la zona sísmicamente más peligrosa de España: Granada.

La zona de Granada es la que representa el mayor riesgo sísmico de la península Ibérica según el IGN y en ella dominan las fallas extensionales de dirección NO-SE que son las responsables de la mayoría de los terremotos de esta provincia (figura 10). Concretamente, la Cuenca de Granada (y su cuenca asociada del Valle de Lecrín al S) es posiblemente la zona con mayor actividad tectónica y sísmica de la península y en ella se han producido algunos de los terremotos más importantes de la Cordillera Bética.

Así podemos destacar que el terremoto histórico más importante registrado en la península ocurrió en Arenas del Rey en 1884 (el denomina-

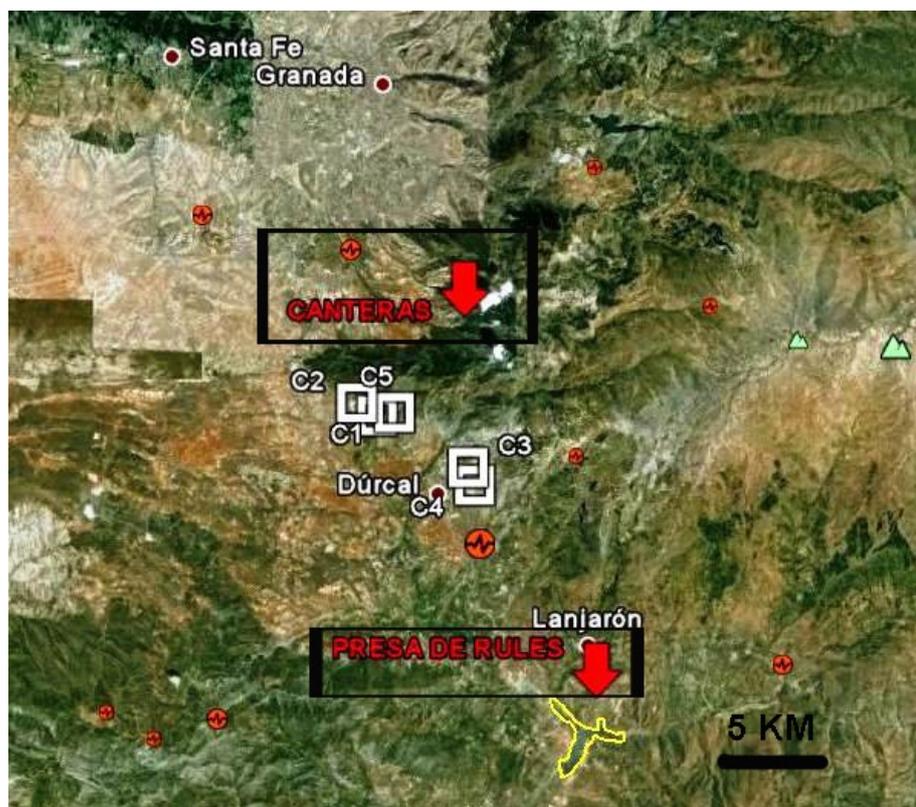
Figura 10



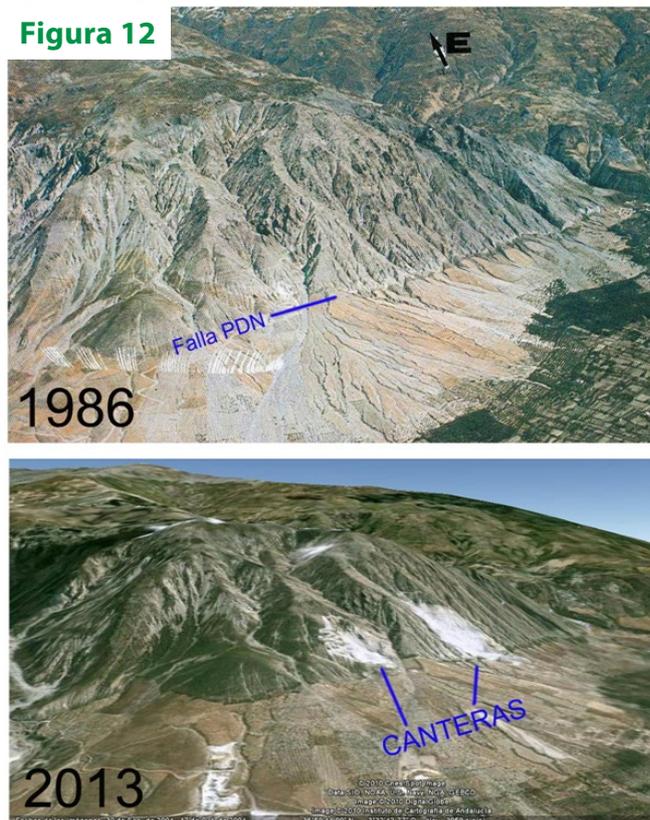
do terremoto de Andalucía) con una intensidad máxima sentida de entre 9 y 10. Las fallas NO-SE de este sector son las que presentan una mayor velocidad de desplazamiento, las que registran una mayor tasa de pequeños terremotos, las que han producido algunos de los terremotos más relevantes y donde las evaluaciones de peligrosidad sísmica muestran los mayores valores esperados de movimiento del suelo. Entre las que presentan las mayores velocidades de desplazamiento actual y máximas magnitudes esperadas (entre 5.7 y 6.7) se encuentra la falla NO-SE de Padul-Dúrcal-Nigüelas (PDN) que limita el Valle de Lecrín al O con el impresionante macizo de Sierra Nevada al E y que hemos analizado en detalle hace años (Doblas y otros, 1997, *Journal of Structural Geology*, 19, 2, 159-170; Doblas y otros, *Journal of Structural Geology*, 19, 8, 1045-1054; Doblas, 1998, *Tectonophysics*, 295, 187-197).

En este sentido, existen dos nefastas actuaciones antrópicas de alto riesgo que tienen lugar justo encima de estas fallas peligrosamente sísmogenéticas (figura 11): 1) la canteras de áridos instaladas en el mismo trazado de la falla de PDN; y, 2) la gigantesca presa de Rules y sus impresionantes viaductos que se han construido

**Figura 11**



**Figura 12**



algo más al S (cerca de Vélez de Benaudalla), y que están dentro de esta zona de alta sismicidad relacionada con fallas extensionales NO-SE.

1) En el caso de la falla de PDN, es inconcebible que esté siendo explotada masivamente y de manera incontrolada por al menos 12 gigantes canteras de áridos desde el año 1987, aprovechando las rocas carbonatadas trituradas por los movimientos tectónicos: en la figura 12 se puede ver el estado previo a las explotaciones en 1986 (donde destaca claramente esta lineación que presenta las más espectaculares facetas de falla de España), así como el estado actual donde las canteras “han devorado” millones de toneladas de roca tectonizada en el labio levantado oriental de esta falla de gran actividad sísmica. Cualquiera que viaje por la A4 entre Granada y Motril (a la altura de Padul y Dúrcal) puede contemplar (mirando hacia el E) la

tremenda destrucción y degradación paisajística que han causado estas canteras en la base del macizo más alto de la península (Sierra Nevada). Es inconcebible que estas prácticas no se hayan denunciado en estos 30 años de incesante actividad y que la escuela de geología estructural de Granada no haya dado nunca la voz de alarma.

También es incomprensible que la falla de PDN forme parte de una zona geológica protegida y publicitada por la Junta de Andalucía (con una infraestructura de carteles, terrazas, etc., destinada a explicar la génesis de una de las fallas más espectaculares de España; figura 13), y sin embargo las autoridades andaluzas no hayan tomado cartas en el asunto de estas espantosas y sísmicamente peligrosas canteras. En todo caso existe una denuncia fechada el 27 de mayo de 1992 según la cual los ecologistas constituidos en una "Plataforma Medioambiental del Valle de Lecrín" denunciaron ante el fiscal del TSJA la explotación ilegal de las canteras de Dúrcal y Padul, según parece con la complicidad del alcalde de Dúrcal que tenía participaciones en este negocio [24]. En este caso los ecologistas protestaban, además de por la ilegalidad de las mismas, por el terrible impacto ambiental que han generado en las laderas occidentales del macizo de Sierra Nevada (no se contaba entonces con el riesgo sísmico que representan estas actividades y que denunciamos aquí).

Como es habitual en nuestro país, más de 20 años después de estas protestas, las canteras siguen trabajando a pleno rendimiento y no parece que nadie pueda impedirlo. La bibliografía científica revela sin lugar a dudas las innegables relaciones de causa/efecto entre las explotaciones de canteras y la sismicidad inducida (Seeber y otros, 1998, *Journal of Geophysical Research*, 103, B10, 24,505-24,521). En el caso de la falla de PDN, el hecho de explotar la roca triturada de una de las fallas activas más peligrosas de España es absolutamente aberrante: ¿es como si se pretendiera explotar un yacimiento de áridos de forma masiva a lo largo de la falla más famosa y peligrosa del mundo (San Andreas, California)!

2) En el caso de la presa de Rules y sus especta-

Figura 13



culares viaductos (el conjunto se inauguró en el año 2007) debemos mencionar que están situados en la continuación SE del sistema de fallas activas NO-SE antes citadas y por lo tanto se han construido en una de las zonas de más alto riesgo sísmico de la península Ibérica (figuras 10 Y 11). Esto, de por sí, nos parece una imprudencia temeraria. De hecho ya existen abrumadores indicios de numerosas deficiencias en la construcción de los gigantescos viaductos de Rules (y suponemos que también de la presa de Rules) y este año han anunciado que durante tres a seis meses permanecerá cerrado un tramo de la autovía de la costa A44 para reparar uno de estos viaductos que presenta numerosas deformaciones en la autovía ya que parece que sus pilares se doblan lentamente o no se asientan bien [25].

Queremos creer que las autoridades competentes están haciendo el debido seguimiento de las posibles deformaciones y microsismicidad inducidas por la presa de Rules, pero como viene siendo habitual en este país no hay infor-

24 <http://www.adurcal.com/enlaces/mancomunidad/abc/durcal4.htm>

25 <http://www.abcdesevilla.es/andalucia/granada/20130809/sevi-autovia-costa-cortara-varios-201308090954.html>

mación al respecto. Es bien conocida la relación de causa a efecto entre el relleno de embalses y la sismicidad que inducen estas pesadas masas de agua en la corteza terrestre pre-tensada. En este sentido la bibliografía especializada es muy abundante habiéndose descrito más de 90 casos en todo el mundo donde estas relaciones han sido verificadas científicamente (Wang & Manga, 2010, lecture Notes in Earth Sciences, 114, 125-139).

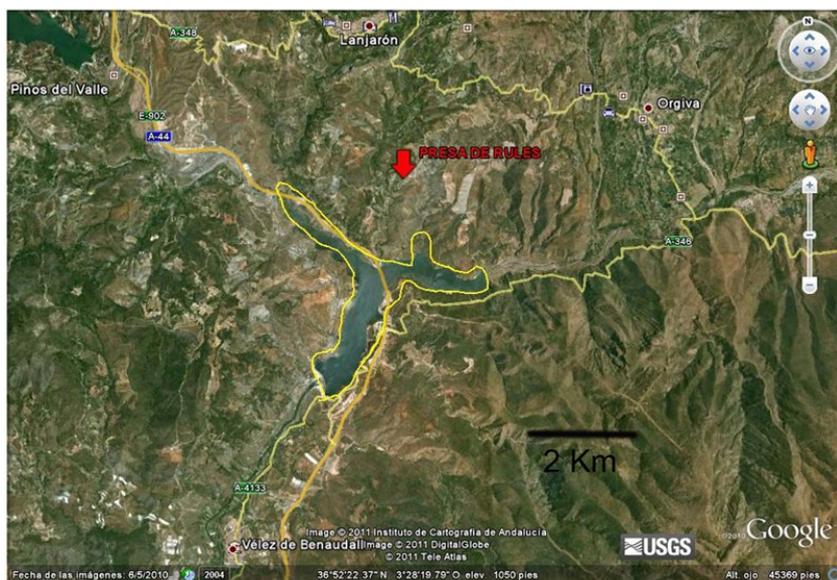
Al menos dos terremotos catastróficos han sido relacionados con el relleno de embalses en zonas sismológicamente activas: el terremoto de Killari en la India y sobre todo el terrible terre-

moto de Sichuan en China. Clásicamente suele haber un desfase temporal entre el primer relleno de un embalse y el comienzo de la sismicidad inducida, que suele ser de varios años (4 años en el caso del devastador seísmo de Sichuan).

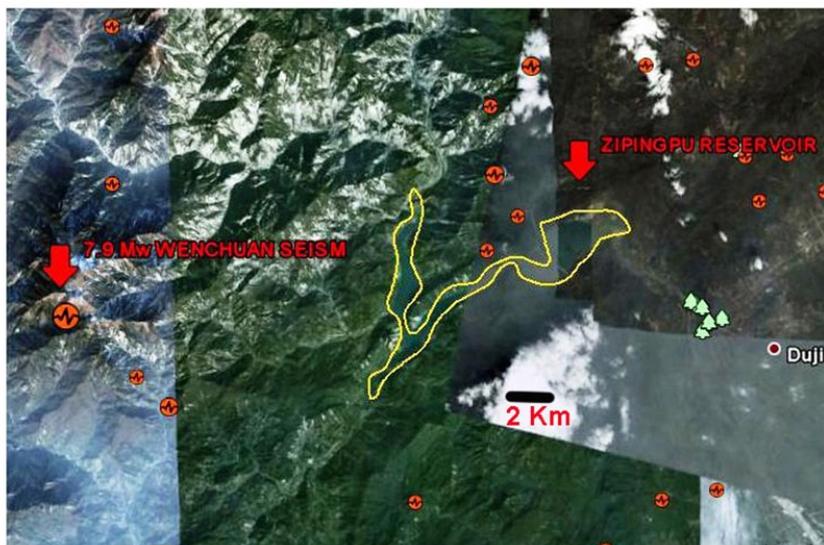
Aunque se suele decir que las comparaciones son odiosas, en la figura 14 nos atrevemos a mostrar dos imágenes de satélite de la presa de Rules y la presa de Ziping Pu (morfológicamente muy similares), aunque la española sea tres veces más pequeña que la china (esta última soporta 320 millones de toneladas de agua, mientras que la granadina "solo" 115 millones). Creemos que cada uno puede sacar sus propias conclusiones en términos del potencial riesgo sísmico que supone la implantación del embalse de Rules en la zona sísmicamente más peligrosa de España.

**Figura 14**

### PRESA DE RULES (GRANADA)



### PRESA ZIPING PU (SICHUAN, CHINA)



## 4. Sismicidad inducida por la actividad humana en España

La sismicidad inducida por la actividad humana se lleva reconociendo en la literatura científica desde hace muchas décadas, y sin embargo en nuestro país parece que no se toma en serio esta evidencia que incluye el llenado de los embalses, la fracturación hidráulica o *fracking*, la inyección de CO<sub>2</sub> en la corteza, las explotaciones de las canteras, las extracciones de hidrocarburos en yacimientos estructurales o agua en los acuíferos profundos, etc.

En España fuimos de los primeros en reconocer la realidad de la sismicidad inducida, concretamente en términos de hidrosismicidad (relaciones entre el agua y los terremotos) [26].

A) En el caso del **terremoto de Lorca**, donde sugerimos un mes después de la catástrofe que la sobreexplotación del acuífero del Guadalentín contribuyó de manera decisiva a desencadenar este seísmo [27].

B) En el caso de la **Loma de Úbeda en Jaén** donde explicamos la serie sísmica anómala de más de 2200 terremotos (octubre 2012 a abril 2013) como resultado de una combinación de la sobreexplotación de los acuíferos profundos para el riego de los olivares y las intensas lluvias (sin precedentes en los últimos 30 años) de finales del 2012 a principios del 2013, como hemos demostrado en diferentes congresos, revistas y medios.

A principios del mes de Julio enviamos un informe a los ayuntamientos y poblaciones afectadas por los terremotos de esta zona recomendando una serie de medidas preventivas en relación con la sobreexplotación de los acuíferos de la zona para intentar paliar los efectos de los terremotos generados parcialmente por la mano del hombre, que no fueron tenidas en cuenta por las autoridades locales [28].

26 <http://www.elmundo.es/elmundo/2013/10/04/ciencia/1380912923.html>

27 <http://www.efeverde.com/contenidos/noticias/la-mano-del-hombre-posible-causa-de-la-gravedad-del-ultimo-sismo-en-lorca>

28 <http://brainstorminggeology.blogspot.com.es/2013/07/normal-0-21-false-false-false-es-trad-x.html>

Además presentamos un informe científico sobre el *fracking* para su utilización por la Plataforma Ciudadana "Torreperogil Libre de Fracking" para intentar evitar la aplicación de esta tecnología tan nociva en una zona sísmicamente activa como la Loma de Úbeda (reactivada con especial virulencia durante la crisis sísmica de 2012-2013).

Finalmente, varias notas de prensa que hacen referencia a nuestras investigaciones sobre sismicidad inducida en Lorca y en Jaén:

1) Podemos adelantarnos a un tipo de sismicidad:

<http://www.que.es/ultimas-noticias/sociedad/201304041645-podemos-adelantarnos-tipo-sismicidad-rc.html>

2) Dos geólogos explican los terremotos de la Loma de Úbeda en relación con el agua de lluvia caída en los últimos meses:

[http://www.canalsur.es/dos\\_geologos\\_atribuyen\\_los\\_seismos\\_de\\_la\\_loma\\_al\\_agua\\_caida/259677.html](http://www.canalsur.es/dos_geologos_atribuyen_los_seismos_de_la_loma_al_agua_caida/259677.html)

3) Dos científicos ven respaldada su teoría de la hidrosismicidad para los terremotos de Jaén:

<http://www.europapress.es/andalucia/noticia-cientificos-ven-respaldada-hipotesis-situa-agua-responsable-seismos-loma-20130318102906.html>

4) ¿Crónica de una sismicidad anunciada?

<http://www.noticiasdenavarra.com/2013/03/26/opinion/tribuna-online/cronica-de-una-sismicidad-anunciadar->

5) La mano del hombre causa del terremoto de Lorca:

<http://noticierodiario.com.ar/la-mano-del-hombre-posible-causa-de-la-gravedad-del-ultimo-sismo-en-lorca/>

<http://www.efeverde.com/contenidos/noticias/la-mano-del-hombre-posible-causa-de-la-gravedad-del-ultimo-sismo-en-lorca>

6) Predicción de otros terremotos en Lorca después de las inundaciones de 2012:

<http://www.laverdad.es/murcia/v/20121107/lorca/cientfico-asegura-lluvias-podran-20121107.html>



**Andalucía:** Parque San Jerónimo s/n, 41015 Sevilla  
Tel./Fax: 954903984 andalucia@ecologistasenaccion.org

**Aragón:** Gavín 6 (esquina c/ Palafox), 50001 Zaragoza  
Tel: 629139609, 629139680  
aragon@ecologistasenaccion.org

**Asturies:** Apartado nº 5015, 33209 Xixón  
Tel: 618330752 asturias@ecologistasenaccion.org

**Canarias:** C/ Eusebio Navarro 16 - 35003 Las Palmas de Gran Canaria Avda. Trinidad, Polígono Padre Anchieta, Blq. 15 - 38203 La Laguna (Tenerife) Tel: 928362233 - 922315475  
canarias@ecologistasenaccion.org

**Cantabria:** Apartado nº 2, 39080 Santander  
Tel: 942240217 cantabria@ecologistasenaccion.org

**Castilla y León:** Apartado nº 533, 47080 Valladolid  
Tel: 983210970 castillayleon@ecologistasenaccion.org

**Castilla-La Mancha:** Apartado nº 20, 45080 Toledo  
Tel: 608823110 castillalamancha@ecologistasenaccion.org

**Catalunya:** Can Basté - Passeig. Fabra i Puig 274, 08031 Barcelona Tel: 648761199 catalunya@ecologistesenaccio.org

**Ceuta:** C/ Isabel Cabral nº 2, ático, 51001 Ceuta  
ceuta@ecologistasenaccion.org

**Comunidad de Madrid:** C/ Marqués de Leganés 12, 28004 Madrid Tel: 915312389 Fax: 915312611  
comunidaddemadrid@ecologistasenaccion.org

**Euskal Herria:** C/ Pelota 5, 48005 Bilbao Tel: 944790119  
euskalherria@ekologistakmartxan.org C/San Agustín 24, 31001 Pamplona. Tel. 948229262.  
nafarroa@ekologistakmartxan.org

**Extremadura:** C/ de la Morería 2, 06800 Mérida  
Tel: 927577541, 622128691, 622193807  
extremadura@ecologistasenaccion.org

**La Rioja:** Apartado nº 363, 26080 Logroño  
Tel: 941245114- 616387156 larioja@ecologistasenaccion.org

**Melilla:** C/ Colombia 17, 52002 Melilla  
Tel: 951400873 melilla@ecologistasenaccion.org

**Navarra:** C/ San Marcial 25, 31500 Tudela  
Tel: 626679191 navarra@ecologistasenaccion.org

**País Valencià:** C/ Tabarca 12 entresòl, 03012 Alacant  
Tel: 965255270 paisvalencia@ecologistesenaccio.org

**Región Murciana:** C/ José García Martínez 2, 30005 Murcia Tel: 968281532 - 629850658  
murcia@ecologistasenaccion.org