

La Tribuna

## Proyecto Castor: así se producen los terremotos inducidos por el hombre

**Algunos procesos, como la fracturación hidráulica, pueden generar nuevas fracturas en el subsuelo de forma inmediata**

**Sin embargo, existen otras actividades antropogénicas que modifican las condiciones del subsuelo de manera más lenta produciendo más tarde la sismicidad, incluso después de su cese**



JOSÉ ÁNGEL LÓPEZ COMINO  
@diaridatarragona

**Investigador en Sismología, Universidad de Granada**

José Á. López es doctor en Ciencias de la Tierra y lidera los proyectos ASPIS, financiado por el programa Marie Skłodowska-Curie COFUND Athena3i-UGR en la Universidad de Granada e INDI, financiado por el programa Deutsche Forschungsgemeinschaft, en la Universidad de Potsdam (Alemania). Este artículo se ha publicado originariamente en 'The Conversation'.

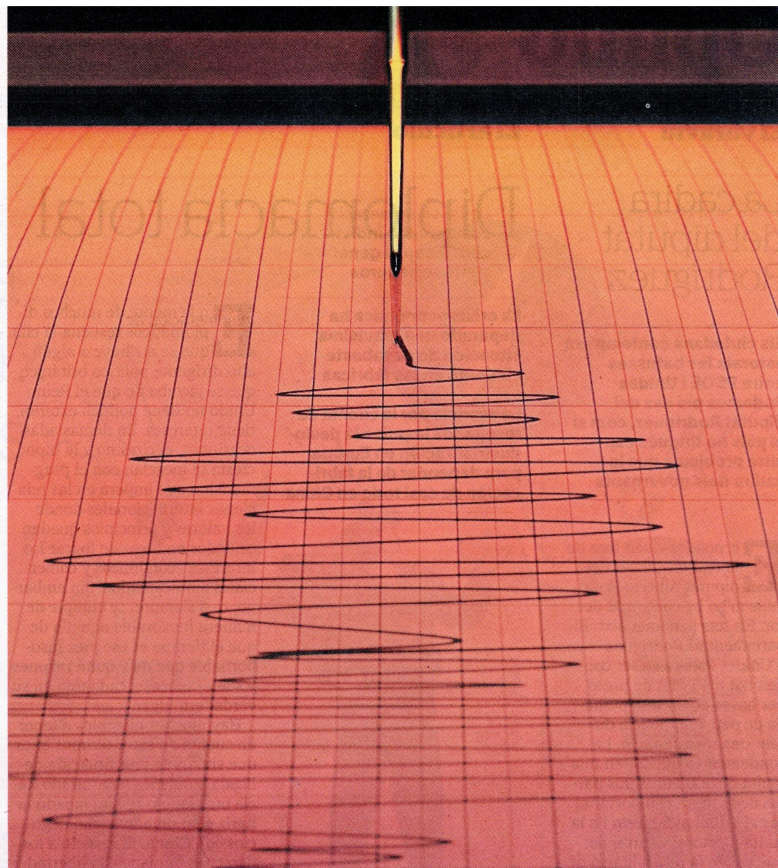
**E**l proyecto Castor fue una iniciativa aprobada en 2008 con el objetivo de almacenar gas en un yacimiento petrolífero agotado en el mar Mediterráneo, a unos 20 km de la costa de Castellón (España). Poco después del comienzo de la inyección, en el 2013, se originaron una serie de terremotos que supusieron el cese de la actividad.

Generalmente, un terremoto está asociado a un proceso natural en el que se produce una liberación de energía debida a una ruptura en el subsuelo. Sin embargo, estas rupturas también pueden tener un origen artificial y ser inducidas a través de la acción del hombre, lo cual es conocido como sismicidad inducida o antropogénica. El proyecto Castor representa el caso más importante de sismicidad asociada a operaciones de almacenamiento de gas en Europa.

Los terremotos naturales se producen principalmente en zonas de actividad tectónica y fallas recientes donde la sismicidad se registra con cierta frecuencia. Por su parte, los terremotos inducidos podrían aparecer en zonas estables con baja sismicidad de fondo generando nuevas rupturas o activando fallas previas que en principio podrían estar «dormidas».

Las actividades antropogénicas que conllevan la alteración de esfuerzos, presión o cohesión en el subsuelo podrían así desencadenar terremotos en zonas con baja peligrosidad sísmica cuyas edificaciones y población podrían no estar preparados.

¿Qué actividades antropogénicas generan terremotos? Se han asociado terremotos inducidos a multitud de actividades. Algunas de ellas son el llenado o vaciado de embalses de agua, la extracción o almacenamiento de hidrocarburos y gas, así como la inyección de fluido (comúnmente conocido como fracking) que se produce du-



rante ciertas operaciones petrolíferas o en plantas geotérmicas.

Generalmente estas actividades suelen generar sismicidad muy débil que podría ser incluso imperceptible para la población y que es detectada mediante sistemas específicos de monitorización sísmica instalados próximas a las zonas afectadas.

Sin embargo, en los últimos años se ha observado un aumento de la cantidad y la magnitud de tales terremotos. Los más grandes han llegado a producir graves daños económicos y personales.

Casos relevantes a nivel mundial son, por ejemplo, el terremoto de magnitud 5,5 ocurrido en 2017 en Pohang (Corea del Sur), el más grande del mundo asociado a una explotación de energía geotérmica. En Oklahoma (Estados Unidos) se están también produciendo una multitud de terremotos de magnitudes de hasta 5,8 tras años de intensa explotación petrolífera con inyecciones de aguas residuales en el subsuelo. Sismicidad de magnitudes más pequeñas se observa por ejemplo en los campos de gas de Groningen (Países Bajos) tras años de extracción.

¿Podemos distinguir los sismos inducidos de los naturales? En algunos casos, podemos diferenciar fácilmente si un terremoto es natural o inducido, pero en otros no. La ocurrencia de terremotos relativamente cercanos en espacio y tiempo a una cierta actividad antropogénica produce la primera voz

de alarma para considerar tales eventos como inducidos.

Una buena resolución en las localizaciones de los terremotos así como una estimación precisa de la profundidad son esenciales. Ambas requieren una buena instalación de sistemas de monitorización sísmica en los alrededores de la actividad.

Algunos procesos, como la fracturación hidráulica, pueden generar nuevas fracturas en el subsuelo de forma inmediata. Sin embargo, existen también otras actividades antropogénicas que modifican las condiciones del subsuelo de manera más lenta produciendo más tarde la sismicidad, incluso después de su cese.

Por otro lado, es importante conocer la historia sísmica y las fallas de las zonas afectadas. En algunos casos, se puede producir la reactivación de fallas que en principio no estaban activas o deberían activarse de forma natural después de muchos años.

Por tanto, se precisa de unos análisis sísmológicos detallados para decidir si un periodo sísmico es inducido o de origen natural. Por ejemplo, un proyecto Athena3i de la Universidad de Granada y del Instituto Andaluz de Geofísica se dedica específicamente a identificar y verificar las fuentes que originan sismicidad inducida.

### El caso Castor

Debido a la mala cobertura de estaciones sísmicas que registra-

ron los terremotos producidos mar adentro, las posteriores investigaciones científicas en torno al proyecto Castor llegaron a discrepar sobre el origen de las fallas activadas, siendo un caso especialmente complejo de resolver.

Sin embargo, un análisis sísmológico avanzado que hemos publicado recientemente en *Nature Communications* ha sido capaz de revelar la geometría de la falla activada que ha sido hasta hoy objeto de discusión. Empleamos diferentes técnicas para validar la robustez de los resultados. Entre ellas destacan las siguientes:

- la relocalización relativa de eventos basadas en correlaciones de formas de onda,
- la determinación de la profundidad mediante el uso de agrupaciones de sismómetros a larga distancia,
- el análisis de la dirección de propagación de la ruptura de los terremotos más grandes,
- la identificación de agrupaciones de eventos o «clusters» con propiedades similares.

Nuestros resultados apuntan a que la sismicidad afectó principalmente a una falla secundaria localizada por debajo del almacén natural de gas. A pesar de no disponer de una densa red de monitorización sísmica, los últimos avances en sismología han logrado descifrar el origen de los terremotos.