

LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y LA GESTIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN LA CUENCA DE VACA MUERTA

Análisis de sus expedientes internos

AGOSTO 2021

**FARN**
FUNDACIÓN AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES



CONTENIDO

<u>RESUMEN</u>	<u>03</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>03</u>
<u>EL ROL DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA EN LA GESTIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN VACA MUERTA. ANÁLISIS DEL EXPEDIENTE 8920-001745/2018 Y OTRAS INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS</u>	<u>04</u>
<u>En el centro del análisis: el informe</u>	<u>08</u>
<u>Un nuevo pedido de información. La respuesta del IAPG</u>	<u>12</u>
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>15</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>17</u>

Por Guillermo Tamburini Beliveau y Javier Grosso

RESUMEN

En los últimos cinco años, y con mayor intensidad desde 2018, se ha registrado un incremento excepcional de la actividad sísmica en la Patagonia extrandina, en la provincia de Neuquén, en Argentina. En esta región de la cuenca hidrocarburífera neuquina, conocida popularmente hoy en día como Vaca Muerta (nombre dado por su más productiva formación geológica), de manera progresiva se han perforado pozos dedicados a la extracción de hidrocarburos por métodos no convencionales. Se trata de la técnica de fractura hidráulica, *fracking* (en inglés), ampliamente conocida por la opinión pública, que experimenta su mayor impulso desde 2017 y que según todos los indicios sería el desencadenante de estos inesperados terremotos.

En este artículo se analiza el accionar de la administración pública provincial y nacional al respecto del impacto del *fracking*. Para tal fin, se revisan documentos e informes internos de las distintas administraciones obtenidos mediante pedidos de información pública. En ellos se han observado las medidas tomadas por la administración y se ha puesto el foco en los criterios aplicados, tanto en lo que se refiere al respeto de los plazos requeridos por las diversas situaciones, como a la calidad técnica y formal de la documentación generada. El cuerpo principal de análisis lo compone el Expediente 8920-001745/2018 (Expediente 2018) de la Subsecretaría de Ambiente de Neuquén que recopila múltiples documentos relacionados con el objeto de estudio.

INTRODUCCIÓN

El 15 de noviembre de 2018, un sismo de magnitud 4.3 ML ocurrió en el paraje de Sauzal Bonito, en Neuquén (ver Mapa 1), y sorprendió a sus habitantes por su intensidad. Aquella población, para la que se desconoce actividad sísmica histórica, había comenzado a experimentar, aproximadamente un año antes, una serie de temblores de menor intensidad.

Un día después de aquel evento, la Secretaría de Desarrollo Territorial y Ambiente de la provincia, a través de la Subsecretaría de Ambiente, inició una inspección de oficio en la zona (acta de inspección general, informe complementario y registros fotográficos para evaluar la situación). En el informe elaborado (compilado en el Expediente 2018) se destaca tanto el testimonio de vecinos que declaran haber sentido el fuerte temblor, como algunas de sus consecuencias, en su mayoría desperfectos en los hogares de los pobladores.

Con respecto al efecto de los sismos, además de su magnitud también es relevante su profundidad (USGS, 2021a). Cuando se trata de sismos superficiales, con hipocentro a escasos kilómetros de la superficie, como sucedió en Sauzal Bonito (4,4 km), el daño de la liberación de energía es mayor que en caso de tratarse de eventos profundos. Por eso, un sismo de magnitud *a priori* no alarmante puede causar estragos de consideración.

Con posterioridad a la inspección, la misma Subsecretaría trasladó un pedido de informes al Ministerio de Energía, Minería e Hidrocarburos (MEMeH) provincial en el que solicitaba cualquier información que pudiera esclarecer el posible vínculo entre el terremoto sentido y la extracción de hidrocarburos en la zona.

16 de noviembre de 2018 - Nota 931/18 (pág. 3 del Expediente 2018)

Subsecretario de Ambiente.

Dirigida a: Ministro de Energía, Minería e Hidrocarburos

[...] Me dirijo a Usted, en su carácter de Subsecretario (sic) de Energía, Minería e Hidrocarburos de la Provincia de Neuquén, con el fin de solicitarle tenga a bien, en caso de contar con la información, remitir informes, estudios u otra documentación de relevancia; en relación a la probabilidad de ocurrencia de Actividad Sísmica inducida por el desarrollo de la actividad hidrocarburífera, sea en su esfera no convencional por procedimientos de estimulación hidráulica, como así también procesos de recuperación secundaria o inyección, u otros provenientes de la exploración y explotación de hidrocarburos. [...]

La cita anterior es un extracto de dicho pedido. De la situación descripta se destacan entonces dos elementos importantes. El primero, la toma de ciertas medidas adecuadas con celeridad, como la inspección y la solicitud de informes técnicos. El segundo, la sospecha intrínseca de que el terremoto podría estar relacionado con el *fracking*.

Ante la preocupación generada por el sismo, resultó alentadora la rapidez en la toma de las primeras medidas por parte de la Subsecretaría de Ambiente. Sin embargo, el desarrollo de los acontecimientos haría que el entusiasmo inicial se fuera tornando progresivamente en desengaño al ver cómo todo procedimiento iniciado por la administración terminaba en una vía muerta, bien haya sido por la falta de respuesta o por el escaso compromiso en su tratamiento.

En este documento se analizan los procedimientos implementados por las administraciones nacional y provincial con la intención de comprender el estado de la cuestión y dilucidar con claridad el rol de cada uno de los actores implicados. Para ello se expondrán y revisarán los documentos contenidos en el Expediente 2018, según el orden cronológico allí establecido.

EL ROL DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA EN LA GESTIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN VACA MUERTA. ANÁLISIS DEL EXPEDIENTE 8920-001745/2018 Y OTRAS INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS

El 9 de enero de 2019 ocurrió un sismo de magnitud 4 ML en la zona de Vaca Muerta. Si bien es cierto que existen dificultades en el registro de la actividad sísmica en la región por la falta de instrumental (Correa-Otto, 2017; INPRES, 2021b), este sismo es un hecho probado (USGS, 2021a; INPRES, 2021a), así como también lo es el enjambre sísmico¹ de 37 temblores en 36 horas entre el 23 y 24 del mismo mes (Vázquez, 2021). Todos ellos fueron reportados por la población y registrados por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica de Argentina (INPRES, 2021a).

Por otra parte, se estima que en los meses precedentes y posteriores al temblor del 15 de noviembre de 2018, otros temblores de menor magnitud ocurrieron en el lugar, a pesar de que no fueron registrados debido a los déficits instrumentales mencionados, es decir, por inexistencia de una red suficientemente densa de sismógrafos en la región (Correa-Otto, 2017; Vázquez, 2021).

1. El enjambre sísmico consiste en la ocurrencia de un gran número de temblores en un corto período de tiempo.

MAPA 1. ZONA DE ESTUDIO



Fuente: Elaboración propia en base a imagen satelital óptica de Google; IGN Argentina, divisiones administrativas; modelo de elevaciones del terreno SRTM (USGS).

El recuadro de márgenes blancos en el mapa general de Argentina indica la zona de estudio (a unos 1000 km en línea recta de Buenos Aires) y que se muestra ampliada en el mapa de la derecha. Este último representa la zona de estudio de este trabajo, que también está representada en el Mapa 2. Se indican las principales poblaciones en la zona y los embalses del río Neuquén.

Es probable que debido a la recurrencia de los temblores la Subsecretaría de Ambiente haya tomado la decisión de reiterar su pedido de información al Ministerio de Energía, Minería e Hidrocarburos de noviembre de 2018 mediante la Nota 204/2019 del 26 de febrero de 2019, y en los mismos términos que los citados con anterioridad, dado que aquella había quedado sin respuesta. Para ilustrar mejor el significado de esta nota, complementamos la cita anterior con otro párrafo:

26 de febrero de 2019 - Nota 204/2019 (pág. 12 del Expediente 2018)

Subsecretario de Ambiente. Reiteratoria - Solicitud de información.

Dirigida a: Ministro de Energía, Minería e Hidrocarburos

[...] A los fines de determinar los Potenciales Impactos Ambientales de la Actividad Hidrocarburífera, se enmarca la solicitud, en el Artículo 15°, Anexo II, Dec. N° 2656/99. Ley N° 1875 de Medio Ambiente de la Provincia, DEBER DE COLABORACIÓN: Todas las dependencias de la Administración Pública Provincial, centralizadas o descentralizadas, están obligadas bajo pena de incurrir en falta grave en el funcionario o empleado responsable, a prestar a la Autoridad de Aplicación toda la colaboración que requiera [...]

Si bien la tierra seguía temblando, los llamados de atención proferidos por la Subsecretaría de Ambiente no parecían llegar a ningún destino, ya que el Ministerio de Energía, Minería e Hidrocarburos continuaba sin responder.

El 7 de marzo de 2019, nueve días después del segundo requerimiento de información de la Subsecretaría (USGS, 2021a; INPRES, 2021a), otro sismo, pero de magnitud 5 ML, volvió a sacudir la zona. De comprobarse su relación con el *fracking* sería uno de los sismos inducidos por dicha actividad de mayor magnitud a escala global, ya que se ubicaría entre los tres primeros de los cientos registrados y descritos en la bibliografía científica (Foulger, 2018). Pese a que la situación era cada vez más alarmante, la proliferación de pozos de *fracking* siguió expandiéndose intensamente (Secretaría de Energía, 2021), como se desprende del análisis de los informes de la administración, sin que su posible relación con los sismos fuera tomada en cuenta.

En este contexto, y cada vez con mayor preocupación por parte de la opinión pública y con múltiples reclamos de asociaciones ciudadanas (Pérez, 2019; Río Negro, 2019), el 2 de mayo de 2019 FARN le elevó un pedido de informes a la Subsecretaría de Ambiente para obtener mayores detalles respecto de la situación (Expediente 2018:13). El pedido de informes obtuvo una respuesta en su debido plazo, mediante la nota *Ilegible/2019, de la que extraemos los siguientes pasajes:

24 de Mayo de 2019 - Nota *Ilegible/19 (pág. 20/21 del Expediente 2018)
Subsecretario de Ambiente. Ref: Solicitud de información pública.
Dirigida a: FARN

[...] **(a)** No se han declarado en la DIA [Declaración de Impacto Ambiental] impactos previstos en relación a la Etapa de Fractura Hidráulica de Pozos No Convencionales asociada a cambios en la geología del subsuelo o a la sismicidad. **(b)** Asimismo, no se cuenta con información presentada por las operadoras respecto a desvíos ambientales de este tipo luego de realizadas las Fracturas Hidráulicas.

La acumulación del efecto sobre el medio es el incremento progresivo de su manifestación, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. [...] **(c)** no ha sido tema de estudio específico dentro del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental ya que no ha sido identificado dicho efecto en vinculación con las Etapas de Perforación y Terminación de Pozos.

(d) Se ha solicitado al Ministro de Energía, Minería e Hidrocarburos Provincia de Neuquén (MEMeH), remitir informes, estudios u otra documentación de relevancia, en relación a la probabilidad de ocurrencia de actividad Sísmica Inducida por el desarrollo de la actividad Hidrocarburífera [...] **(e)** dado que no consta en éste organismo la existencia para la cuenca neuquina de documentos técnicos de la comunidad científica o instituciones académicas regionales que avalen o comprueben una relación directa entre actividades sísmicas y la Actividad Hidrocarburífera [sic].

Las palabras de la Subsecretaría son tan veraces como preocupantes. Los ítems (a) a (e) han sido marcados por los autores con el fin de analizarlos en detalle a continuación.

- **Ítem a.** Este punto indica que, en gran medida debido a las argumentaciones que se exponen a continuación en la misma nota, y junto al hecho de que se trata de una zona catalogada como no sísmica por el INPRES (INPRES, 2021c), la actividad sísmica no es analizada en la Declaración de Impacto Ambiental. Es decir que a pesar de que la respuesta tiene como fecha mayo de 2019, cuando según el INPRES en la zona han sido registrados decenas de sismos en poco más de un año, la actividad sísmica no se contempla en los estudios de impacto ambiental. Tanto se atienda a sus causas como a sus consecuencias, no considerar los recurrentes terremotos en una zona de actividad hidrocarburífera se vuelve a todas luces un grave error que configura un incumplimiento de las funciones de la autoridad ambiental.

- **Ítem b.** Como ya ha sido probado, existe conocimiento de las posibles consecuencias de sus actividades por parte de las compañías operadoras, empresas transnacionales con actividad distribuida por todo el planeta (Atkinson, 2016; van der Voort, 2014; Reurters, 2019). Por otra parte, por comunicación directa con personas presentes en el momento de las operaciones de fractura hidráulica en Vaca Muerta (Comunicación personal), tenemos conocimiento de que los temblores a nivel de suelo son de importante magnitud en los momentos inmediatos y siguientes a la operación. Ante estas evidencias, se concluye que las operadoras ocultan información.
- **Ítem c.** Este punto es la preocupante consecuencia de la conjunción de los dos anteriores.
- **Ítem d.** Medio año después del primer pedido de informes de la Subsecretaría, y tras tres sismos de magnitud superior a 4 ML entre otros muchos menores, el MEMeH sigue sin responder.
- **Ítem e.** Este último punto debe ser destacado. En mayo de 2019, tal como se menciona en el ítem, no existían “para la cuenca neuquina documentos técnicos de la comunidad científica [...] que avalen o comprueben una relación directa entre actividades sísmicas y la Actividad Hidrocarburífera”, pero esto no puede ser considerado un argumento para no tomar las medidas necesarias. Aunque no aborde el caso concreto de Neuquén, la bibliografía al respecto es muy extensa en la comunidad científica (Tamburini, 2021). Por otra parte, la ocurrencia de los sismos fue respaldada por los testimonios locales (Expediente, 2018; Pérez, 2019; Comunicación personal), mientras que las demandas de la Subsecretaría denotan una preocupación que hace presuponer las fuertes sospechas que guarda al respecto del vínculo existente entre *fracking* y terremotos. Si la cita previa fuera tomada en forma de argumento, podría leerse de la siguiente manera: “Dado que no consta información técnica para la zona que avale una relación directa entre los sismos y la actividad hidrocarburífera, deducimos que el fenómeno no existe”.

Días después comenzó una nueva etapa. Finalmente, mediante la Nota 24/19 del 31 de mayo de 2019, el director provincial de Despacho del Ministerio de Energía y Recursos Naturales transmitió su respuesta a la solicitud formulada el 16 de noviembre de 2018 por la Subsecretaría de Ambiente. Esta consiste en un informe elaborado por el director provincial de Exploración y Explotación y Transporte de Hidrocarburos (perteneciente al propio Ministerio, Nota 214/2019 del 14 de mayo).

La respuesta del Ministerio consiste en dos páginas (un texto demasiado breve para un tema de considerable gravedad), no aporta elementos de análisis y contiene numerosos errores gramaticales y un orden de presentación de argumentos poco claro que llega incluso a dificultar la comprensión del texto. Todo ello no ayuda a depositar confianza en unas conclusiones que, por lo demás, son en extremo escuetas y faltas de sustento.

Esta nota se puede consultar en el sitio [web de FARN²](https://drive.google.com/drive/folders/15RQKTBQ-DOJzZw5sHrw_ZXCWQyhupmGg) para comprobar con facilidad las valoraciones aquí volcadas (Expediente 2018). Dado que apenas presenta elementos para el análisis, y que estos son similares a los expuestos en otro documento que se examinará a continuación, no será analizada en detalle y solo se recuperarán algunas citas cuando sea oportuno.

El 2 de diciembre de 2019, la Subsecretaría de Ambiente dio un nuevo paso en sus pesquisas y mediante la Nota 986/2019 solicitó al INPRES “información en relación al registro de sismos detectados para los años 2018 y 2019 en la provincia de Neuquén”.

2. Disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/15RQKTBQ-DOJzZw5sHrw_ZXCWQyhupmGg

Dicha solicitud fue contestada el 10 de diciembre:

10 de diciembre de 2019 - Nota N° 986/2019 (pág. 30 del Expediente)

Director del INPRES

Dirigida a: Subsecretaría de Ambiente

En respuesta a su requerimiento le informo que el Instituto [INPRES] tiene un convenio con el Ministerio de Energía de la provincia de Neuquén, que incluye una cláusula de **confidencialidad** en los datos. Por lo expuesto le sugiero contactar al Ministro de Energía de la provincia.

La Subsecretaría se topó nuevamente con la confidencialidad, ya que en la mencionada Nota 214/2019 se encuentra el siguiente pasaje:

14 de mayo de 2019 - Nota N° 214/2019 (pág. 25 del Expediente 2018)

Director Provincial de Exploración y Explotación y Transporte de Hidrocarburos

Dirigida a: Subsecretaría de Ambiente

[...] a mediados del 2018 se toma conocimiento por parte de esta Dirección Provincial que la empresa Total Austral SA y Wintershall Energía SA, con el fin de realizar un seguimiento en sus respectivas Concesiones de Explotación No Convencional de Hidrocarburos denominadas Aguada Pichana Este y Aguada Federal, habían realizado una contratación con el Instituto Geofísico y Sismológico Volponi desde 2016, cuyos avances fueron desarrollados a fines de 2018, estudios que se adjuntan en forma digital, recordándose que son confidenciales cada uno de ellos [...]

De la cita anterior cabe destacar que “los estudios en forma digital” no fueron proporcionados a los autores de este documento tras el pedido de acceso a información pública, razón por la que no pudieron ser analizados. Se evidencia, mediante ambas citas, la dificultad de acceso a la información, incluso entre departamentos independientes de la misma administración pública.

Finalmente, el 30 de enero de 2020 la Subsecretaría de Ambiente obtuvo del INPRES la lista de sismos completa para 2019 (incluidos aquellos de magnitud menor a 2.5 ML, que no están accesibles en la página web).

En el centro del análisis: el informe

En las páginas 38 a 45 del Expediente 2018 se incluye un informe de pretensiones técnicas, aunque sin firma y sin fecha concreta, que aborda la cuestión de la sismicidad inducida por la actividad hidrocarburífera en la zona. Ante la ausencia de detalles, cabe suponer que el informe es un intento de la Subsecretaría de Ambiente de recopilar y sistematizar el conjunto de informaciones recibidas hasta esa fecha.

De toda la información recopilada tras múltiples pedidos, el texto que se analiza a continuación es el documento más completo al respecto de la temática presentado por parte de la administración pública. Por deducción, atribuimos la autoría del informe a dicha Subsecretaría, y la fecha estaría comprendida dentro del primer semestre de 2020.

El informe, de siete páginas, casi cuatro de ellas dedicadas a gráficos, lleva por título y encabezado “Ocurrencia de episodios sísmicos en área con desarrollos de actividad hidrocarburífera no convencional”.

Carece de una estructura clara de desarrollo, y resulta difícil establecer una progresión de los argumentos, lo que debilita la posibilidad de realizar un análisis, destacando la falta de títulos y secciones definidas, más allá de constantes errores gramaticales. No tiene referencias bibliográficas, solo menciones vagas a políticas institucionales o principios legales, y ningún criterio científico claro que permita fundamentar los argumentos.

Inicia recordando algunos de los elementos aportados por la Subsecretaría de Minería, Energía e Hidrocarburos hasta el momento:

- Las empresas Total Austral S.A. y Wintershall Energía S.A. contrataron al Instituto Geofísico y Sismológico Volponi (público) desde 2016 con el fin de realizar un seguimiento en sus respectivas concesiones de explotación no convencional. Los informes resultantes son de carácter confidencial.
- La evaluación de este tipo de fenómenos requiere un tiempo prudencial de análisis.
- Por más que haya cierta cantidad de información disponible, “hasta que no tengamos esa [una] red de estaciones sismológicas, agregado el estudio de las estructuras neotectónicas, no se podría arribar a conclusión alguna en relación con la vinculación entre evento sísmico con fractura hidráulica [sic. en negrita en el text original]”.

En esta presentación surgen dos elementos que son recurrentes en este Expediente y para Neuquén en particular, y también en el debate sobre la sismicidad inducida en general. Uno de ellos corresponde al de la confidencialidad de los datos, y el otro a la necesidad de los mismos y de un registro suficientemente prolongado en el tiempo para llegar a cualquier conclusión (Tamburini, 2021).

Es necesario cuestionar las informaciones tratadas repetidamente como confidenciales cuando son generadas por institutos públicos y se refieren a los bienes naturales del subsuelo y del territorio argentino, de dominio del Estado y bien común de su población (leyes 25.381 y 27.275; Acuerdo de Escazú, 2021). Incluso cuando son generadas por las empresas privadas, su información también afecta a los bienes comunes de la nación, y aun a su seguridad, por lo que tampoco es legítima la confidencialidad. No es válido el principio de reserva de la información por razones de seguridad pública, dado que precisamente su ocultación le genera daños a la comunidad y resulta manipulada (no solo en el sentido de usada o empleada) por grandes transnacionales privadas del sector energético que juegan para sus intereses propios (UBA, 2020; Grosso, 2020).

Los debidos recaudos para evitar el alarmismo o la divulgación de informaciones parciales o inconsistentes, así como el respeto hacia los trabajos científicos en curso deben mantener una mínima coherencia, mucho más cuando están en juego la seguridad de vidas humanas e inversiones multimillonarias sobre bienes comunes. ¿Cómo es posible justificar que ante una situación de alarma el INPRES se reserve la información de los sismos de menor magnitud, aquellos que menos deberían preocupar en condiciones normales? Si no hay una situación de alarma, ¿por qué la Subsecretaría de Ambiente solicita reiteradamente información al respecto? ¿Por qué las empresas privadas encargan estudios particulares o paralizan su actividad (Reuters, 2019)? ¿Por qué el INPRES no comparte la información ni siquiera con una subsecretaría de un ministerio público?

A lo largo del informe de la Subsecretaría se insiste en la necesidad de disponer de una serie de datos sismológicos extensa y de suficiente calidad como para poder llegar a conclusiones feh-

cientes en cuanto al posible vínculo entre la actividad hidrocarburífera y la sismicidad detectada. Si bien es cierto que este tipo de información resultaría de gran ayuda en estudios como el que presentamos, es un error o un engaño considerar que su ausencia (no total pero sí parcial, en este caso) impide el desarrollo de conclusiones. La sismología no existiría si requiriera exclusivamente de registros instrumentales directos (sismógrafos) a escala temporal geológica para llegar a conclusiones, dado que estos deberían ser de millones de años de extensión, algo imposible para la especie humana. O, de otro modo, podríamos cuestionar tanto una serie de 300 años como una de tres, dado que ambas son igual de débiles a escala geológica. Tampoco, como ha sido a veces esgrimido, la ausencia de conocimiento directo y preciso de lo que sucede en el subsuelo puede constituirse en un impedimento para realizar análisis sísmicos, dado que, o bien no es tal el desconocimiento y por eso pueden operar las compañías (Stinco, 2014), o bien se puede trabajar incluso ante dicha ausencia de información, como bien se hace hoy en día (y vale entonces tanto para la industria como para el campo científico), o se trata de una combinación de ambas. No obstante, si el desconocimiento del subsuelo es tan trascendente, quizás entonces y ante los hechos actuales se debería detener la operación de modo precautorio.

De hecho, dado que existen métodos diversos de análisis sísmico, no es condición imprescindible disponer de un registro sísmico extenso y de calidad para poder establecer con rigor científico si uno o varios terremotos pueden ser inducidos o disparados por la actividad hidrocarburífera. Hacerlo a través de los registros sismográficos es una de las opciones posibles, la más directa y sencilla quizás, pero existen también otras metodologías que no implican solo el uso de sismógrafos o que pueden usar sus datos parciales o incompletos de modo complementario (Tamburini, 2021; Magnagni, 2017).

Así, parece mucho más determinante la falta de voluntad política (expresada en la confidencialidad de la información y en la falta de inversión en la investigación de la temática) que las limitaciones técnicas para poder obtener las conclusiones adecuadas. Estas son las conclusiones a las que, de manera progresiva, van llegando otros grupos sociales de modo independiente ante la inacción de la administración, entre otras, organizaciones civiles como el Observatorio Petrolero Sur (OPS) o FARN, la prensa, investigadores independientes o la población afectada.

Transcurridos los primeros párrafos, el informe continúa su desarrollo realizando aportes genuinos (página 39 del Expediente 2018), presentando análisis propios, pero no por ello mejorando la calidad del estudio. Menciona la dificultad de acceso a ciertos datos del INPRES y aclara no disponer de “todos” los datos, aunque una vez conseguidos los de mayor detalle elaborará mapas para su estudio. En dichos mapas se incorporó la localización de sismos reportados por el INPRES, pozos convencionales y no convencionales, límites administrativos y de áreas de concesión petroleras e hídricas.

Múltiples errores metodológicos son visibles en estas primeras líneas mientras se insiste en la necesidad insalvable de un registro sismológico más extenso. Ya ha sido descripta la debilidad del razonamiento, pero más débil resulta defenderlo con el argumento de que “son necesarios todos los datos” para realizar el análisis, dado que en última instancia “todos los datos” no significa nada en sí mismo, ya que estos siempre tendrán un umbral, corte, tolerancia o sesgo en origen: fecha, magnitud, precisión, zona, etc.

Tras la presentación de los mapas, el informe expone:

Se observó entonces a modo general que la zona de mayor frecuencia de ocurrencia de eventos sísmicos no se correspondía directamente en relación a la ubicación de los pozos hidrocarburíferos de tipo no convencional, pozos sumideros e inyectores de agua.

En esta instancia, se observó la ocurrencia de episodios sísmicos con mayor frecuencia dentro y en proximidades del embalse Barreales - Mari Menuco. Como ya se venía investigando hay numerosas investigaciones que relacionan la incidencia de sismos como consecuencia del llenado o presencia de lagos y embalses [sic.].

Estas conclusiones son infundadas. En primer término, el embalse Barreales - Mari Menuco se encuentra circundado por gran cantidad de pozos petroleros, convencionales y no convencionales, es decir, es indistinguible su localización o la de los pozos respecto de los epicentros sísmicos.

Por otro lado, como puede observarse en la tabla de registro de sismos elaborada por INPRES y anexada por la Subsecretaría de Ambiente (Expediente 2018:36), no es posible dar coordenadas exactas a los epicentros sísmicos en un radio de entre unos 5 a 30 km, de modo que si lo que se pretendió fue excluir el vínculo entre pozos y sismos por una supuesta mayor proximidad con el embalse, la afirmación tampoco es válida dada la incertidumbre del dato.

Y por último, pero no menos importante, no se ofrece ningún argumento metodológico para avalar la afirmación. Ni siquiera una vaga referencia bibliográfica. Una rápida consulta a Wikipedia nos dice que el dique de la represa del embalse de Los Barreales fue inaugurado en 1977, pero los sismos aparecieron en 2015, en la misma fecha en que se inició la explotación sistemática por fracturación hidráulica de las formaciones Vaca Muerta y Quintuco. Y si bien la sismicidad inducida por llenado de embalses fue descrita antes que aquella producida por el *fracking*, también es cierto que la segunda es más de dos veces más habitual que la primera, a pesar de que se trata de una actividad mucho más reciente. Considerando esto, es sorprendente que a continuación se afirme sin aportar referencias bibliográficas y contradiciendo a las existentes (Foulger, 2018) que:

Existen investigaciones que afirman que ciertas actividades humanas tienen mayor incidencia que otras en los sismos, siendo la minería con mayor aporte, luego llenado y variación de embalses, etc, siendo un porcentaje bajo el atribuirle al *fracking*.

Los proyectos hidráulicos en las cuencas hidrográficas con presencia de fallas geológicas, están provocando terremotos debido a un fenómeno llamado Sismicidad Inducida. Esta fallas permite la construcción de embalses y muchas veces están tiene vinculación geomorfológicamente a estructura volcánicas. De hecho entre nuestro país y Chile existe una larga línea fronteriza cuya geomorfología común, única e indivisible, se encuentra activa telúricamente, en cuyos lugares de levantan la mayor cantidad de represas [sic.].

El informe vuelca la atención sobre la sismicidad inducida por los embalses artificiales. Sigue sin aportar fuentes bibliográficas ni argumentos o datos de ningún tipo, por lo que es imposible validar cualquiera de los elementos presentados, aun sea a favor o en contra de lo que se expone. Prosigue, y a mitad de la sexta página (Expediente 2018:43) realiza un giro metodológico para citar por primera vez a modo argumentativo un caso (sin referencias) de un embalse en Costa Rica. Al no presentar mayores fundamentos, no se sabe por qué dicho ejemplo podría ser de mayor interés en el tema que aborda el informe que cualquier otro.

Llegando a la conclusión del informe, en su página séptima surgen los primeros datos originales. Hay un análisis muy somero de los niveles del pelo de agua del embalse con el objetivo de estimar si los cambios en el mismo pueden mostrar alguna correlación con la ocurrencia de terremotos. Este primer y único acercamiento a un procedimiento científico culmina sin encontrar ninguna relación aparente entre ambas variables. Algo esperable, dado que el embalse se encuentra en el lugar desde hace décadas y los sismos iniciaron hace cinco años (a la fecha de redacción de este documento, julio de 2021).

Es decir, el informe inicialmente pasa por alto todos los elementos objetivos que hacen volcar la mirada sobre el *fracking* (la aparición de los sismos simultáneamente a la actividad no convencional, su cercanía geográfica con los pozos, la profundidad de los epicentros, los múltiples antecedentes bibliográficos, las declaraciones de testigos, etc.). Con esa línea argumental traslada la atención al posible efecto del embalse; sin embargo y a pesar de ello, no es capaz de establecer ninguna relación en el sentido de que este sea el causal de los sismos.

De este modo concluye el mayor esfuerzo de la administración pública a la fecha por tratar de comprender los graves eventos geológicos que ocurrieron y están ocurriendo en Vaca Muerta.

Es posible que debido a la evidente debilidad de los argumentos de su propio informe, la Subsecretaría siguiera buscando informaciones y, por lo tanto, el 16 de junio de 2020 le trasladara una nueva nota al INPRES.

16 de junio de 2020 - Nota N° 219/2020 (pág. 48 del Expediente)

Subsecretario de Ambiente Neuquén

Dirigida a: Director del INPRES

[...] a efectos de solicitar información en relación al registro de sismicidad ocurrida durante el primer Semestre del año en curso en la Provincia de Neuquén.

No obstante, hasta donde ha sido posible conocer, dicha solicitud no obtuvo respuesta.

Un nuevo pedido de información. La respuesta del IAPG

Con las mismas intenciones, una semana después de ese 16 de junio de 2020, la Subsecretaría se comunicó con el Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG). Según su propia definición: “El IAPG está integrado por socios entidad (empresas e instituciones) y socios personales (profesionales independientes) relacionados con actividades de exploración, producción, transporte, refinación y comercialización de petróleo, gas y derivados” (IAPG, 2021). Entendemos así que el IAPG es un ente que nuclea a distintas ramas con intereses particulares en el sector hidrocarburífero y que gracias a ello está compuesto por expertos que se dedican a la extracción de petróleo y gas. Tal como hiciera con el Ministerio de Energía, la Subsecretaría se comunicó con el IAPG para:

23 de junio de 2020 - Nota N° 230/2020 (pág. 49 del Expediente)

Subsecretario de Ambiente Neuquén

Dirigida a: Gerente del IAPG.

[...] solicitarle información acerca de la ocurrencia de actividad sísmica potencialmente inducida por el desarrollo de la explotación de hidrocarburos.

Y aclaró:

[...] La información y análisis servirá como herramienta para determinar análisis de situación y determinación de acciones para fortalecer el conocimiento respecto al tema y establecer acciones a seguir.

El IAPG contestó con un documento de dos páginas y media el 2 de octubre (el 16 de julio confirmó recepción), tres meses y medio después del envío de la Subsecretaría. Lo central del texto entregado consiste en definiciones terminológicas o declaraciones de buenas intenciones que no

suponen aporte alguno para el análisis. En el resto del documento, la respuesta del IAPG, que se define como “referente técnico” del sector, es en estos términos:

Dada la complejidad de los mecanismos asociados a la sismicidad inducida y el conocimiento parcial del estado de tensiones del subsuelo, en general, no es posible relacionar de manera causal los eventos sísmicos con las actividades humanas que podrían facilitar su ocurrencia.

Con esta afirmación, el IAPG contradice (entre muchas otras) a la evidencia científica publicada en *Nature* (Lei, 2017), *Science* (Weingarten, 2015) o *Seismological Research Letters* (Atkinson, 2016), y para hacerlo menciona a una “bibliografía técnica” que no cita.

A continuación, vuelve a escudarse en la falta de una línea de base de actividad sísmica natural, que ya ha sido abordada en este y otros trabajos (Tamburini, 2021; Vásquez, 2021), para poner en discusión la posibilidad de establecer el vínculo entre el *fracking* y los sismos. Dice también:

En el caso de la Cuenca Neuquina, los eventos sísmicos que, potencialmente, podrían atribuirse a sismicidad inducida por la actividad humana son en general sismos apenas perceptibles para los seres humanos y de magnitudes muy por debajo de las necesarias para provocar daños en infraestructura superficial, normalmente por debajo de 0 en la escala de Richter, y muy excepcionalmente cercanos a magnitudes de 3 en dicha escala.

Sin embargo, para la fecha de la respuesta del IAPG, entre 2019 y 2020 los sismos de magnitud superior a 3 ML eran ya más de treinta, cuatro de magnitud mayor a 4 y uno de ellos magnitud 5. La sismicidad era desconocida en la zona antes de la llegada del *fracking*, pero el IAPG, que aglutina decenas de grandes empresas del sector —nacionales y transnacionales—, que tiene su propia sede en Houston (Estados Unidos) y que se define como “referente técnico”, no pudo disponer de esta información. Al acudir al informe de la inspección realizada por la Subsecretaría de Ambiente después del sismo de 2018 para responder estas líneas del IAPG, allí donde el IAPG dice “apenas perceptibles”, el informe señala:

16 de Noviembre de 2018 - Inspección de oficio (pág. 7 del Expediente 2018)

Los vecinos afirman que se pudo observar una especie de sismo o movimiento tectónico en el lugar, que duró aproximadamente 20 segundos acompañado de un ruido estruendoso, finalizando con una explosión. [...] Las viviendas visitadas presentaban grietas y fisuras tanto en su interior como exterior, así como también se pudieron registrar fisuras en el suelo de uno de los patios de las casas.

En los dos últimos años existen muchos otros ejemplos de los riesgos para la integridad de las personas e infraestructuras que podrían asociarse a la nueva inestabilidad de los terrenos. Recientemente han ocurrido frecuentes desprendimientos de rocas en zonas de recreo que han causado heridos graves (Oses, 2020; Telefó Neuquén, 2021). La relación entre estos desprendimientos y los temblores no puede ser descartada. En una ocasión, la fracturación de un *pad* de pozos fue temporalmente paralizada por los fuertes temblores percibidos, como declaró la misma empresa operadora (Reuters, 2019). Testigos presenciales han declarado haber visto las consecuencias directas de los movimientos en superficie sobre las infraestructuras, como la ruptura de canalizaciones de distinto tipo, generando también preocupación sobre los posibles efectos por contaminación en superficie y en el subsuelo (Comunicación personal).

Finalmente, el IAPG afirma lo siguiente tras la “búsqueda exhaustiva de documentación científica”, que sin embargo no cita:

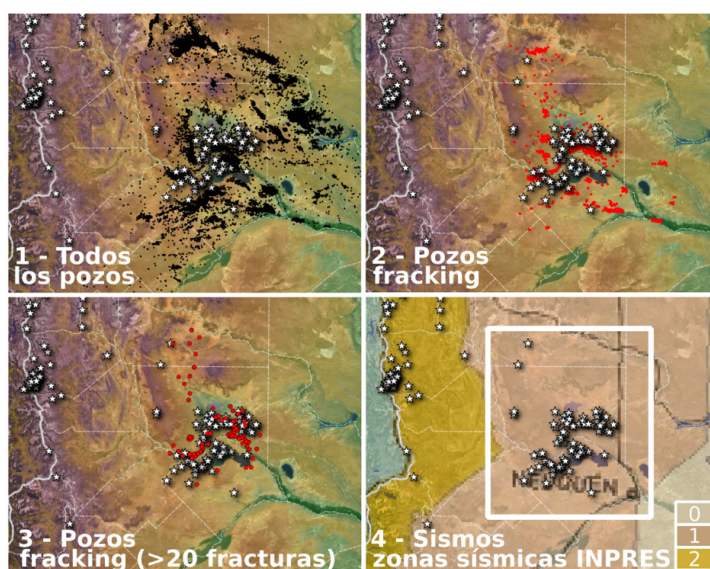
Hasta la fecha, la experiencia internacional muestra que la probabilidad de sismicidad inducida asociada con inyección de fluidos u operación de fracturación hidráulica ha sido muy baja y limitada a regiones acotadas dentro de una cuenca.

Y dice también:

Cada zona de desarrollo dentro de una cuenca, posee características y contextos diferentes e inclusive únicos (geológicos, estructurales, de esfuerzos, etc.), y la ausencia u ocurrencia de eventos sísmicos inducidos estará en estrecha relación con ese contexto determinado. En ese sentido, es dable señalar que los eventos de sismicidad inducida no ocurren sistemáticamente ni de manera generalizada en ninguna cuenca, sino que ocasionalmente, de manera sectorizada y bajo ciertas condiciones.

En respuesta a este argumento se puede afirmar que del mismo modo que no es posible decir que indefectiblemente el desarrollo del *fracking* supondrá la ocurrencia de sismicidad inducida bajo cualquier circunstancia, también ha sido demostrado cómo bajo ciertas circunstancias hasta la mitad de los pozos en los que se realizan fracturas pueden desencadenar sismos (Skoumal, 2021). El escenario presente y futuro al que nos enfrentemos se comprenderá y definirá en función de las medidas que decidamos tomar, y a juzgar por lo que dejan entrever los documentos analizados, no es muy prometedor.

MAPA 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS SISMOS EN LA CUENCA HIDROCARBURÍFERA DE VACA MUERTA Y CERCANÍAS Y POZOS HIDROCARBURÍFEROS



Fuente: Elaboración propia en base a imagen satelital óptica de Google; IGN Argentina, divisiones administrativas; modelo de elevaciones del terreno SRTM (USGS); registro de pozos petroleros de la Secretaría de Energía de la Nación y registro de eventos sísmicos de la web del INPRES. Cuadro 4: en base al mapa de zonificación sísmica de la web del INPRES.

Las estrellas blancas representan los sismos registrados por el INPRES disponibles en su web (magnitud >2.5 ML). El mapa 1 muestra como puntos negros los pozos dentro de la zona de estudio, que son aproximadamente 28.000: de cualquier tipo (convencional o no), iniciado en cualquier fecha (según datos disponibles, contando con que los más antiguos son de 1900) y en cualquier estado de actividad. El mapa 2 presenta como puntos rojos solo los pozos no convencionales (*fracking*), aproximadamente 2000; el más antiguo es de 2009. El mapa 3 señala los pozos de *fracking* que realizaron 20 o más fracturas (hasta un máximo de 71, 463 pozos en total); el más antiguo es de julio de 2015 (solo cuatro de esos pozos son de tipo *tight*, los demás son *shale*). El mapa 4 muestra los sismos y presenta de fondo el mapa de zonificaciones sísmicas del INPRES: de los 150 eventos visibles (el más antiguo es de 2006), 86 se encuentran dentro del recuadro blanco en el centro del mapa, es decir, en la cuenca de Vaca Muerta, fuera de la región andina. El evento más antiguo registrado en la zona de estudio es de noviembre de 2015. Es decir, más de la mitad ha ocurrido a partir de 2015 (y 82 de los 86 a partir de 2019) en una zona catalogada como de sismicidad reducida (1) por el INPRES. Cabe destacar que la zona de sismicidad moderada (2), andina y por naturaleza tectónicamente activa, registra desde 2006 menos sismos que la cuenca de Vaca Muerta desde 2019.

Llegando al final de este análisis se constatan tres grandes ausencias a lo largo de los documentos consultados, que se enmarcan en el ámbito de las instituciones y entes de escala nacional.

Por un lado, la de las autoridades competentes nacionales, que no se hacen presentes o lo hacen muy escasamente, dado que la gestión y control de los recursos naturales les pertenece a las provincias. Sin embargo, su posible interacción y responsabilidad con algunos elementos de los aquí presentados podría ser debatida en profundidad.

Por otro lado, se podría analizar también el rol de YPF (así como de otras empresas pertenecientes al Estado). Se trata de la compañía encargada del impulso de la extracción de hidrocarburos en el país y que actúa como punta de lanza para el desarrollo de todo este entramado; por lo tanto, tiene también un grado de responsabilidad en sus consecuencias.

Por último, hacemos referencia a las instituciones académicas, entre las que se encuentran las universidades y el CONICET, que lejos de participar activamente del estudio crítico (como buen principio científico) de lo que acontece en Vaca Muerta, se encuentran ausentes o van a la zaga de los dictados del mercado hidrocarburífero. Ese es, por ejemplo, el caso de la UBA (UBA, 2020) y la firma de convenios de investigación con cláusulas de confidencialidad con las compañías operadoras.

CONCLUSIONES

Las primeras conclusiones que se extraen de la consulta de la información pública solicitada son claras:

- En términos generales, la administración no se ocupa con el esmero requerido de unos hechos de incuestionable gravedad.
- La Subsecretaría de Ambiente de Neuquén parece el único ente que ha mostrado cierta preocupación al respecto, pero sus esfuerzos resultan limitados, tanto por las acciones tomadas como por las respuestas obtenidas.
- El Ministerio de Energía, Minería e Hidrocarburos provincial no transmite correctamente la información a sus pares y menos a terceros, como es el caso de los investigadores autores de este documento, que no han recibido respuesta a ninguna de sus demandas.

- Existe una ausencia preocupante de instituciones de orden nacional en la observación de lo que acontece en Vaca Muerta. Y cuando estas se hacen presentes es patente su falta de rigor y seriedad, se trate del Poder Ejecutivo (ministerios), el rol que juegan las empresas que impulsan la industria del país (como YPF), o de las instituciones académicas y sociales de referencia (INPRES, UBA, Volponi, IAPG).
- La escasez de información y la imposibilidad de obtener resultados no se debe a dificultades técnicas sino a la falta de voluntad. En Vaca Muerta hay más de 2000 pozos de *fracking*, con un costo de implementación de entre 10 y 25 millones de dólares cada uno y con cifras superiores de rentabilidad económica, gestionados por algunas de las mayores corporaciones multinacionales a escala global (Shell, Chevron, etc.), en colaboración o bajo monitoreo de ministerios y otras instituciones públicas argentinas (MEMeH, INRES). A pesar de todo ello, no se ha estudiado aún la sismicidad de la región. Sin embargo, algunas asociaciones ciudadanas o investigadores independientes, casi sin recursos, han sido capaces de hacerlo (Pérez, 2019; Goldschmidt, 2019; Vázquez, 2020; Tamburini, 2021a; Tamburini, 2021b). Solo la falta de voluntad, en el mejor caso, puede explicar el vacío de información oficial.

Por otra parte, la falta de rigor e investigación, la confidencialidad o el ocultamiento recurrente de la información supone que:

1. Las empresas privadas que extraen los recursos minerales del subsuelo argentino (un bien común, como indica la Ley 17.319) producen información que queda en algún grado fuera de los canales de información de las administraciones públicas, los entes públicos académicos y de la población en general, y permanece como de acceso exclusivo para intereses privados.
2. Las propias administraciones e instituciones públicas producen información calificada como confidencial cuando no hay un compromiso evidente de la seguridad nacional ni excepciones a la publicidad que lo justifiquen (Expediente 2018:32, UBA).

No es posible dilucidar una razón justificada, proporcionada y legítima por la cual se oculta una información referente a un bien común y público y de alto grado de repercusión en términos sociales, ambientales, económicos y científicos para el conjunto de la población. La única interpretación lógica es que se reserva para el lucro de las empresas vinculadas al sector petrolero y en contra de los intereses de la población en general.

La sismicidad inducida en la cuenca hidrocarburífera de Vaca Muerta es una realidad que progresivamente está quedando fuera de todo cuestionamiento, como hacen evidente no solo los hechos mostrados en el Mapa 2 y los incesantes terremotos desde 2018, sino también como se ha comenzado a demostrar (en trabajos publicados y citados o de próxima publicación) mediante distintos acercamientos metodológicos en diversidad de publicaciones científicas (Correa-Otto, 2017; Vázquez, 2020).

El elemento de análisis de mayor trascendencia es que contrariamente a lo que dicen el Ministerio de Energía, Minería e Hidrocarburos o el IAPG, al silencio del INPRES o la falta de contundencia de la Subsecretaría de Ambiente, la sismicidad inducida por *fracking* es un hecho corroborado en la comunidad científica y es la principal causa de sismicidad inducida a escala global. Obviarlo o ponerlo en duda sin fundamentos claros, más aun cuando lo hacen los referentes técnicos y sociales del sector, pone en fuerte cuestionamiento la credibilidad de las instituciones públicas y destaca el incumplimiento de los principios jurídicos ambientales, como el precautorio.

Resta entonces una conclusión final posible del análisis realizado. Las instituciones públicas y privadas están ocultando información que demuestra la responsabilidad de la actividad hidrocarburífera en la inducción de sismos en Vaca Muerta, y al hacerlo se tornan responsables de los efectos dañinos que estos eventos puedan causar a las personas, al ambiente y a las infraestructuras e instalaciones de la región.

BIBLIOGRAFÍA

Atkinson, G. M., Eaton, D. W., Ghofrani, H., Walker, D., Cheadle, B., Schultz, R., Shcherbakov, R., Tiampo, K., Gu, J., Harrington, R. M., Liu, Y., van der Baan, M., y Kao, H. (2016). Hydraulic fracturing and seismicity in the western Canada sedimentary basin. *Seismological Research Letters* 87, 3 (Mar. 2016), 631-647.

Correa-Otto S., Nacif S., Pesce A., Nacif A. Gianni G., Furlani R., Giménez M., Ruiz F. (2017). Intra-plate seismicity recorded by a local network in the Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*.

Comunicación personal. 2019. Fuentes reservadas.

INPRES (2021a). Búsqueda de sismos (Provincia: Neuquén). Accedido: mayo 2021. Disponible en: http://contenidos.inpres.gob.ar/buscar_sismo

Grosso, J. y Tamburini Beliveau, G. (2021). “Un impacto ambiental inasumible”: investigadores advierten sobre acuerdo turbio entre Shell y la UBA. *Izquierda Diario*. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://www.izquierdadiario.es/Un-impacto-ambiental-inasumible-investigadores-advierten-sobre-acuerdo-turbio-entre-Shell-y-la-UBA>

INRPES (2021b). Red Nacional de Estaciones Sismológicas. Accedido: mayo 2021. Disponible en: http://contenidos.inpres.gob.ar/est_sism

INPRES (2021c). Ingeniería Sismorresistente. Zonificación sísmica. Accedido: mayo 2021: <http://contenidos.inpres.gob.ar/acelerografos/Reglamentos#Zonificaci%C3%B3n%20S%C3%ADsmica>

Honorable Cámara de Diputados de la Nación (2021). Escazú 2021. Proyecto de Ley. Ratificación del acuerdo Escazú. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://www.diputados.gov.ar/proyectos/proyecto.jsp?exp=4527-D-2019>

Secretaría de Desarrollo Territorial y Ambiente. Subsecretaría de Ambiente (2018). Expediente 2018. Inspección de oficio en el paraje Sauzal Bonito.

Foulger, G. R., Wilson, M., Gluyas, J., Julian, B. R., Davies, R. (2018). Global review of human-induced earthquakes. *Earth-Science Reviews*. The human-induced earthquake database. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://inducedearthquakes.org/>

Goldschmidt, M. (2019). Vaca Muerta: ¿El incendio contaminó el agua de Neuquén? *Revista Cítrica*. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://revistacitrica.com/vaca-muerta-el-incendio-contamino-el-agua-de-neuquen.html>

IAPG (2021). Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. Accedido: mayo 2021. Disponible en: https://www.iapg.org.ar/web_iapg/

Lei, X., Huang, D., Su, J., Jiang, G., Wang, X., Wang, H., Guo, X., y Fu, H. (2017). Fault reactivation and earthquakes with magnitudes of up to mw4.7 induced by shale-gas hydraulic fracturing in sichuan basin, china. *Scientific Reports* 7, 1 (Aug. 2017).

Ley 17.319 Ley de Hidrocarburos. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/16078/texact.htm>

Ley 25.831 Régimen de libre acceso a la información pública ambiental. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/90000-94999/91548/norma.htm>

Ley 27.275 Acceso a la Información Pública de Argentina. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/265000-269999/265949/norma.htm>

Magnani, M. B., Blanpied, M. L., DeShon, H. R., and Hornbach, M. J. (2017). Discriminating between natural versus induced seismicity from long-term deformation history of intraplate faults. *Science Advances* 3, 11 (Nov. 2017).

Oses, J. (2020). Lago Mari Menuco: se desmoronó un acantilado y hay dos personas heridas. *Minuto NQN*. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://www.minutoneuquen.com/neuquen/2020/10/31/lago-mari-menuco-se-desmorono-un-acantilado-hay-dos-personas-heridas-263336.html>

Pérez, M. (2019). Sismos en Vaca Muerta: el fracking en la mira. *Observatorio Petrolero Sur*. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://opsur.org.ar/2019/02/24/sismos-en-vaca-muerta-el-fracking-en-la-mira/>

Reuters staff (2019). Shell suspends operations in Argentina's Vaca Muerta area after seismic activity. *Reuters*. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-argentina-oil-shell-idUSKBN23E0S3>

Río Negro (2019). Un sismo sacudió parte de Neuquén y afirman que fue el más fuerte registrado. *Río Negro*. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://www.rionegro.com.ar/sismo-en-neuquen-afirman-que-se-sintio-en-en-el-centro-y-la-capital-915486/>

Secretaría de Energía (2021). Capítulo IV - Pozos. Accedido: mayo 2021. Disponible en: http://datos.minem.gob.ar/dataset/produccion-de-petroleo-y-gas-por-pozo/archivo/cb5c0f04-7835-45cd-b982-3e25ca7d7751?view_id=6eb7c7cd-34b2-4a92-acc7-60289b83b5c3

Skoumal, R. Hydraulic Fracturing Induced Seismicity - Dr. Rob Skoumal, USGS (IRIS Webinar): <https://www.youtube.com/watch?v=o1MqP9lanxE> (accedido: enero 2021)

Stinco, L., and Barredo, S. (2014). Características geológicas y recursos asociados con los reservorios no convencionales del tipo shale de las cuencas productivas de la argentina. *Petrotecnia* (Oct. 2014), 44-65.

Tamburini Beliveau, G. (2021a). Breve descripción de los antecedentes bibliográficos relativos al fenómeno de la sismicidad inducida o disparada relacionada con la producción de hidrocarburos. Aportes preliminares al caso de la cuenca hidrocarburífera de Vaca Muerta, Argentina. CLACSO (en prensa).

Tamburini Beliveau, G.; Béjar Pizarro, M.; Pérez López, R.; Grosso J.; Monserrat O. (2021b). Hydrocarbon production, ground deformation and seismicity in the Argentinian Patagonia. *Scientific Reports* 2021 (En prensa).

Telefé Neuquén (2021). ¿Por qué se producen los derrumbes en los acantilados de Mari Menuco? Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=o0RMG6f6IM0>

UBA (2020). Convenio de Asistencia Técnica entre la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Shell Argentina S.A. Ref. EXP-EXA 0000969/2020. Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

USGS (2021a). United States Geological Survey. *At what depth do earthquakes occur? What is the significance of the depth?* Accedido: mayo 2021. Disponible en: https://www.usgs.gov/faqs/what-depth-do-earthquakes-occur-what-significance-depth?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products

USGS (2021b). USGS Earthquakes. Accedido: mayo 2021. Disponible en: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=-40.56389,-70.7959&extent=-36.82687,-65.52246&range=search&search=%7B%22name%22:%22Search%20Results%22,%22params%22:%7B%22starttime%22:%221900-04-25%2000:00:00%22,%22endtime%22:%222021-05-02%2023:59:59%22,%22maxlatitude%22:-37.539,%22minlatitude%22:-39.879,%22maxlongitude%22:-66.731,%22minlongitude%22:-69.587,%22minmagnitude%22:2.5,%22orderby%22:%22time%22%7D%7D>

van der Voort N., Vanclay, F. (2014). Social impacts of earthquakes caused by gas extraction in the Province of Groningen, The Netherlands. *Environmental Impact Assessment Review*.

Vázquez J., Spagnoto S., Mescua J., Giambiagi L., Sigismondi M. (2020). *Aumento notorio de la sismicidad de la provincia del Neuquén, en el período 2015-2020*. Boletín Brackebuschiano. Asociación Geológica Argentina 2020.

Weingarten, M., Ge, S., Godt, J. W., Bekins, B. A., y Rubinstein, J. L. (2015). High-rate injection is associated with the increase in US mid-continent seismicity. *Science* 348, 6241 (Jun. 2015), 1336-1340.