

## ARTÍCULO

### EQUILIBRAR LA SEGURIDAD ENERGÉTICA Y UN AMBIENTE SOSTENIBLE: RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS PARA EL DESARROLLO DE VACA MUERTA

González Diego Agustín<sup>1\*</sup>, Roca Juan Carlos<sup>1</sup>, Orrego Lucía<sup>1</sup>, Frabotta Azul<sup>1</sup>, Davies Catherin<sup>1</sup>, Diaz Gómez Romina<sup>2</sup>, Mautner Marina<sup>2</sup>, Forni Laura<sup>2</sup>

1- *Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Comahue, Río Negro, Argentina.*

2- *SEI: Us Water Group, Stockholm Environment Institute, Davis, CA 95616, USA*

\*E-mail: [diego.gonzalez@faca.uncoma.edu.ar](mailto:diego.gonzalez@faca.uncoma.edu.ar)

#### RESUMEN

Este estudio subraya la importancia de fortalecer la gobernanza y la supervisión de las actividades industriales relacionadas con el fracking en la región de Vaca Muerta, Argentina, y destaca varias recomendaciones clave. Se propone el fortalecimiento de las instituciones de gobernanza hídrica, con una gestión integrada de los recursos hídricos que incluya mayor capacidad técnica, administrativa y presupuestaria, así como una coordinación más efectiva entre provincias. También se aboga por una mayor transparencia y accesibilidad de información, exigiendo que las operaciones industriales cumplan con regulaciones claras y reporten de manera más exhaustiva el uso y manejo del agua, además de los impactos ambientales. Asimismo, se recomienda el establecimiento de zonas de amortiguamiento para prohibir perforaciones cerca de fuentes de agua, áreas agrícolas y centros poblados, con el fin de mitigar riesgos ambientales. Este estudio, que también revela el riesgo de contaminación de aguas subterráneas debido a la proximidad de pozos de fracking a áreas sensibles, propone una plataforma en línea, [Observar.com.ar](http://Observar.com.ar), para monitorear y apoyar la toma de decisiones sobre nuevas ubicaciones. A través del uso de indicadores espaciales de riesgo ambiental y teledetección, la plataforma facilita un monitoreo preciso y la formulación de políticas efectivas. En conclusión, el desarrollo del fracking debe equilibrarse con la protección de los recursos naturales, la producción de alimentos y la equidad social, estableciendo un marco regulatorio sólido que evite daños irreversibles en los ecosistemas, zonas agrícolas y las comunidades locales.

**Palabras clave:** gobernanza hídrica, sostenibilidad agrícola, regulación ambiental, gestión territorial, hidrocarburos, fracking

#### 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la zona de Vaca Muerta, Argentina, es conocida por su gran riqueza en petróleo y gas natural ganando importancia en la seguridad energética nacional y a nivel macroeconómico en función de su potencial de explotación de 308 billones de pies cúbicos de gas natural y 16 mil millones de barriles de petróleo. En este informe se presenta el caso de la producción de gas y petróleo de esquisto en Vaca Muerta, una gran formación geológica rica en hidrocarburos ubicada en la región norte de la Patagonia argentina. La formación se encuentra debajo de las provincias de Neuquén, Río Negro, Mendoza y La Pampa.

Los defensores de la explotación de Vaca Muerta consideran que estas reservas son una oportunidad importante para aumentar la

producción de hidrocarburos del país, reducir su dependencia del petróleo extranjero y promover el desarrollo regional a través de la creación de empleo y los avances tecnológicos en la extracción. La producción de hidrocarburos en Vaca Muerta actualmente produce alrededor de 400.000 barriles por día (Mejor Energía, 2024). Los planes para expandir la producción a 1 millón de barriles diarios para 2030 como parte de un acuerdo de 2013 entre Chevron e YPF, una empresa energética argentina mayoritariamente estatal, generarían ingresos totales de USD 30 mil millones de dólares en exportaciones para 2030 (Rystad Energy, 2023). En la actualidad hay 11 operadores con Pan American Energy y Tecpetrol, dos de los mayores productores de gas (Aleph Energy, 2023). Sin embargo, bajo las operaciones y políticas actuales, los impactos ambientales y sociales serán extensos, lo que

conducirá a resultados potencialmente devastadores a nivel local.

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

### 2.1. Desafíos en el acceso a los datos

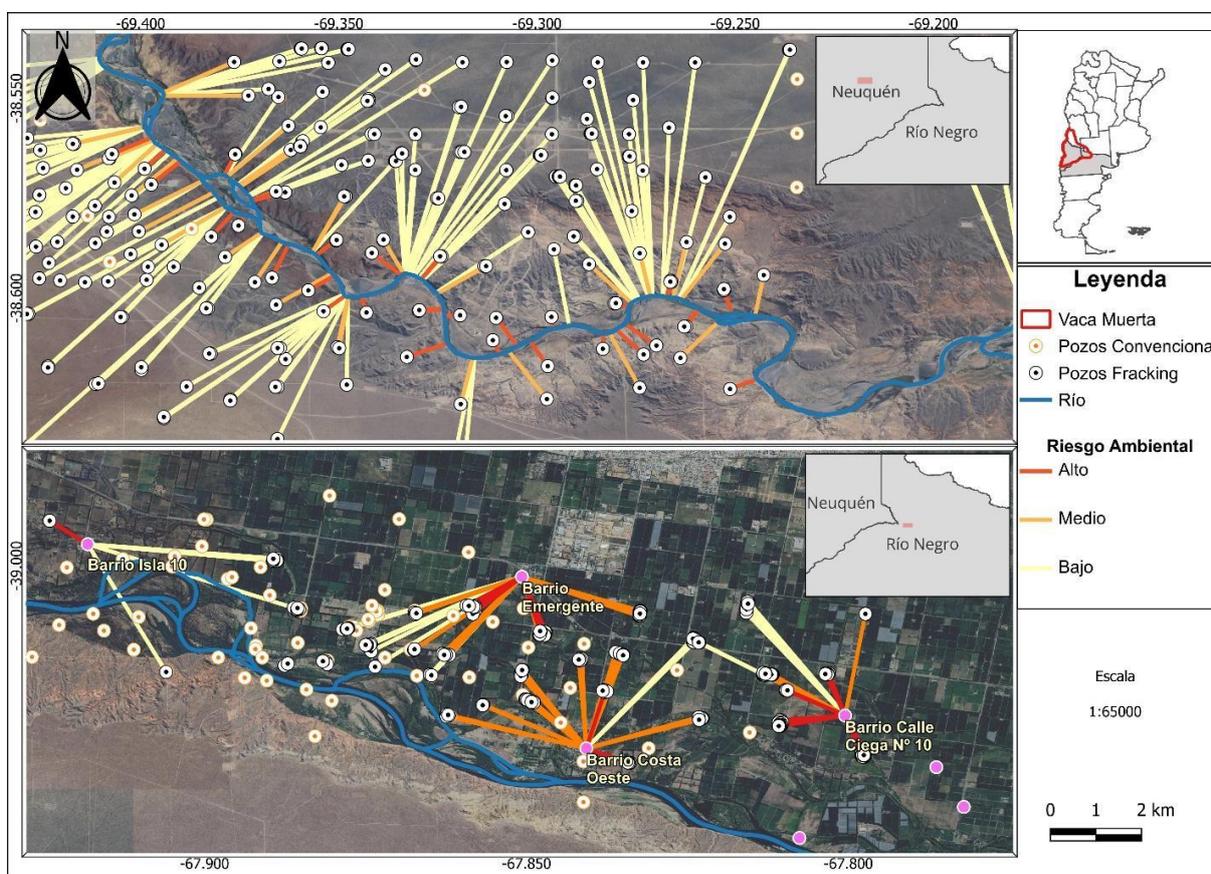
La tasa de expansión de la producción de combustibles fósiles en la región de Vaca Muerta ha dado lugar a un enfoque regulatorio fragmentado a nivel municipal y provincial con cierta aplicación de las políticas ambientales vigentes. Un estudio inicial indicó que la falta de datos e información transparente sobre los impactos de la producción de combustibles fósiles no convencionales (conocida como “fracking”) en los recursos locales era una gran preocupación entre los actores locales (Forni *et al.*, 2021).

La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue y el Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo (SEI por sus siglas en inglés), abordaron estas necesidades de datos mediante la recopilación y el procesamiento de datos cuantitativos y cualitativos existentes sobre los posibles

impactos del fracking en el medio ambiente y los medios de vida locales. El trabajo se enfocó en identificar los puntos críticos de la actividad de fracking y recopilar datos ambientales que sirvan de base para la toma de decisiones sobre las regulaciones locales para la producción de petróleo. El equipo utilizó datos geoespaciales derivados de la teledetección (Planet® y Sentinel-2), estudios locales, bases de datos oficiales y entrevistas con expertos locales y la sociedad civil para desarrollar indicadores espaciales para evaluar los impactos ambientales del fracking. Estos datos e información se utilizaron para desarrollar una plataforma en línea llamada observar.com.ar (OBSERVAR, 2024), que ayuda a evaluar los posibles riesgos ambientales del fracking. Si bien la teledetección y el conocimiento local han mejorado el potencial de análisis, algunos datos, como el uso del agua y la generación de aguas residuales, permanecen difíciles de obtener o descifrar.

### 2.2. Plataforma de datos OBSERVAR

La plataforma de acceso abierto que hemos creado está disponible de forma gratuita en la



**Figura 1.** Caudales y niveles freáticos en los pozos 249, 250 y 251. Mapa de proximidades de pozos de fracking a) el río Neuquén en la región del Sauzal Bonito (arriba), y b) a poblaciones de las localidades de Barrio Isla 10, Barrio Emergente, Barrio Costa Oeste y Barrio Ciega 10, localidad Allen (abajo).

web y se desarrolló en el servicio de código abierto Google Earth Engine. Los usuarios pueden examinar las implicaciones ambientales de la expansión del fracking mediante el uso del mapa interactivo y utilizar los datos para fundamentar las políticas. Las herramientas de mapeo de la plataforma contienen indicadores de riesgo ambiental determinados espacialmente que responden a los desafíos compartidos por los profesionales y las partes interesadas locales. Los pozos de fracking que se encuentran cerca de recursos hídricos, infraestructura humana y otros pozos aumentan el riesgo en varias categorías importantes para los medios de vida humanos. Para reflejar la importancia de estas consideraciones en la formulación de políticas, desarrollamos una herramienta de mapeo fácil de usar que permite la visualización del riesgo relacionado con la actividad de fracking.

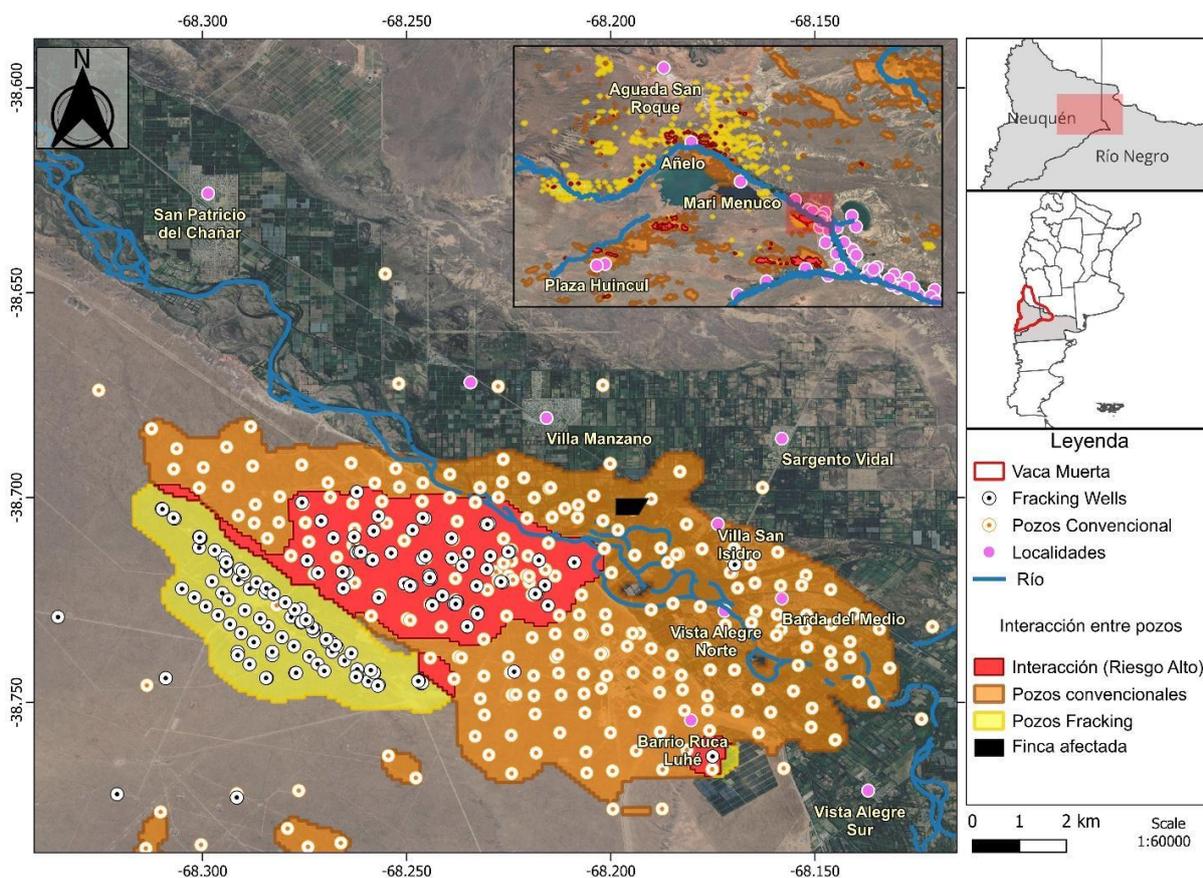
**2.2.1 Indicador de proximidad de pozos a fuentes de agua y medios de vida**

Este indicador mide la proximidad de los pozos de hidrocarburos convencionales y no convencionales a fuentes de agua, áreas agrícolas y poblaciones para señalar riesgos para el medio

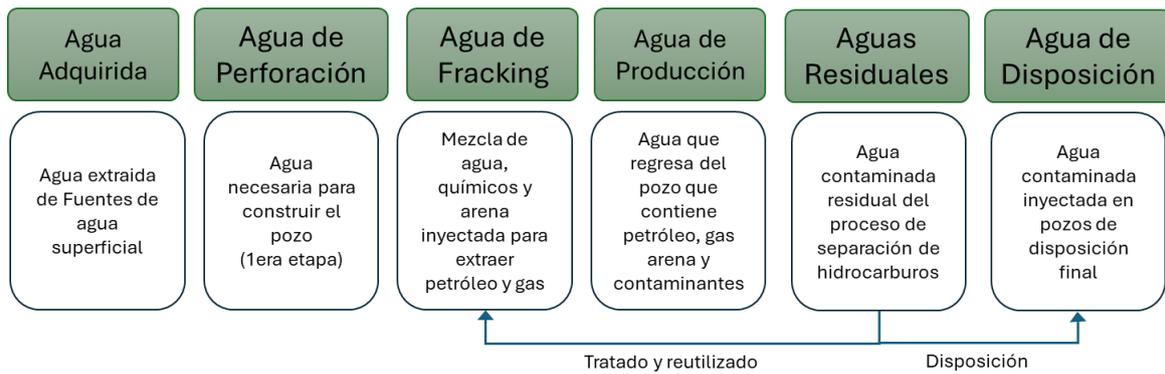
ambiente y la salud pública. Se obtiene del trabajo de científicos de los Estados Unidos y Europa que relacionan las ubicaciones de los pozos con el riesgo de contaminación (Meng, 2015). La Figura 1 muestra la proximidad de los pozos a estas áreas de riesgo en las comunidades Barrio Oeste, Barrio Costa Oeste y Barrio Ciega 10 de la localidad de Allen, Río Negro. En general, en las provincias de Río Negro y Neuquén, 3017 pozos de fracking se clasifican dentro de proximidades de alto riesgo (menos de 1 km) a ríos, centros poblados, escuelas y canales de riego agrícola y 2430 se encuentran en proximidades de riesgo medio (1-2 km).

**2.2.2 Indicador de proximidad de pozos para evaluar riesgo de contaminación por interacción de pozos**

La alta presión y la actividad sísmica inducida por el fracking pueden dañar los pozos petroleros convencionales antiguos ubicados cerca de pozos de fracking (Loveless *et. al.*, 2019). Esto, a su vez, puede contaminar las fuentes de agua subterránea y suelo. La Figura 2 muestra un ejemplo de una de las zonas de potencial interacción entre pozos debido a las operaciones



**Figura 2.** Mapa de interacción de pozos y niveles de riesgo de contaminación en función de esas interacciones.



**Figura 3.** Uso de agua en el proceso de fracturación hidráulica.

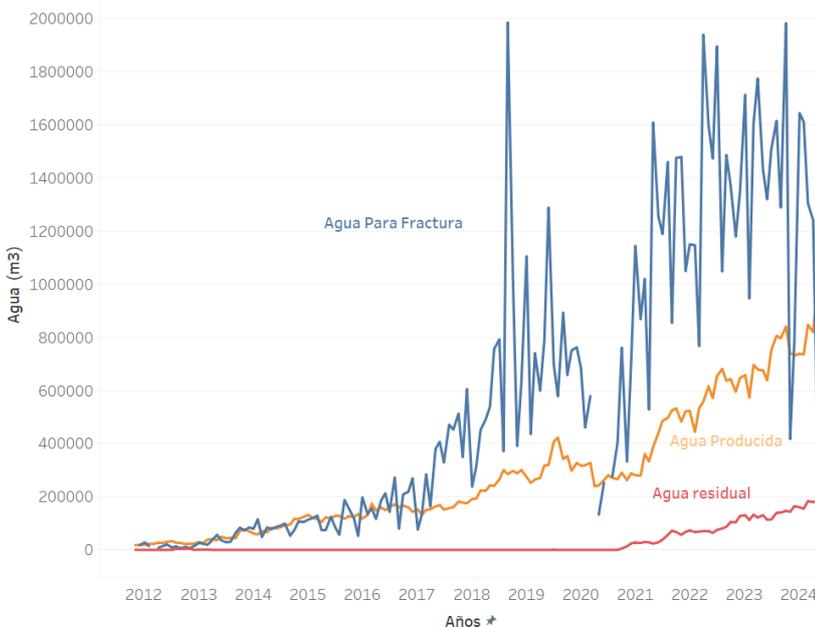
de fracking para determinar las áreas con posibles riesgos de fuga de petróleo a las aguas subterráneas. La plataforma muestra que un área de 202 km<sup>2</sup>, equivalente al área de la ciudad de Buenos Aires, concentrada principalmente en la provincia de Neuquén, tiene un alto riesgo de fugas y posterior contaminación. En un caso reciente, se constató que agricultores locales encontraron petróleo en las aguas subterráneas de su chacra proveniente de un pozo de petróleo convencional donde se estimó que había estado perdiendo petróleo durante un año, probablemente como resultado de esta interacción entre pozos (Álvarez Mullally, 2023).

### 2.3. Datos sobre el uso del agua y las aguas residuales no contabilizadas

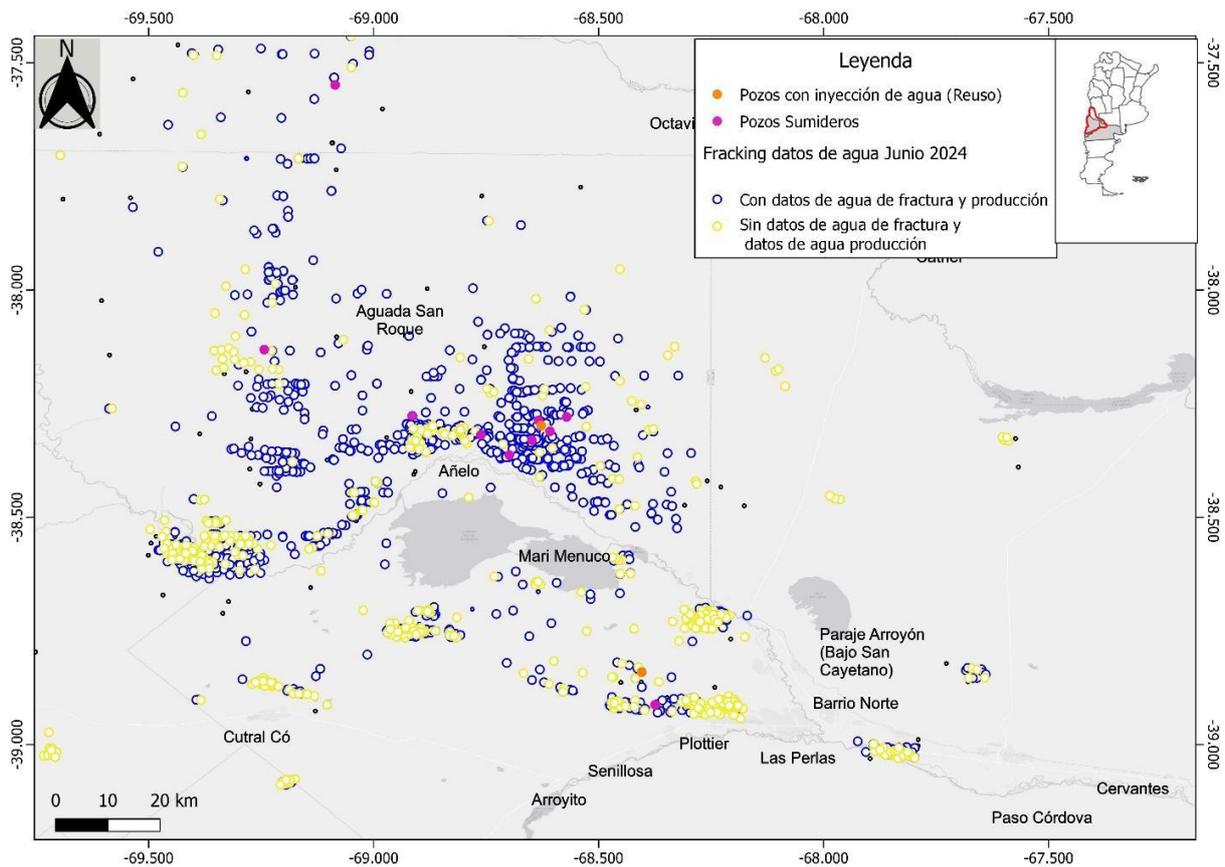
El fracking utiliza grandes cantidades de agua para construir el pozo y, una vez construido, para extraer petróleo y gas de esquisto. La producción de petróleo y gas de esquisto genera aguas residuales que contienen metales pesados, sales y compuestos químicos, denominadas agua de producción o de reflujo (Figura 3).

Un promedio de 32.762 m<sup>3</sup> de agua por pozo se inyecta con arena y productos químicos para la extracción de petróleo y gas según los datos públicos disponibles sobre el uso de agua para el fracking durante el período comprendido entre el año 2014 a mayo de 2024 (Secretaría de Energía de Argentina, 2017). Con la expansión de la

producción en la región, el uso del agua ha crecido con el tiempo, así como la descarga de aguas residuales que solo pueden reutilizarse para el fracking o almacenarse en pozos de forma permanente para evitar la contaminación ambiental. Alrededor del 20% del agua producida se reutiliza o se elimina en pozos de sumidero o pozos de desechos subterráneos llamados localmente pozos sumideros (Figura 4). Esta información proveniente de datos oficiales (Secretaría de Energía de Argentina, 2017), indica que aproximadamente el 80% de las aguas residuales no se contabilizan. Observando los pozos con designaciones de “extracción efectiva” (Figura 5), 2.729 pozos muestran datos sobre agua de



**Figura 4.** Volúmenes de agua usada para fracturación hidráulica, agua producida (flowback) y agua de disposición final (agua que va a los “pozos sumideros”). Tenga en cuenta que estos son los datos informados, lo que significa que podrían estar subcontabilizados para al menos una o para todas estas categorías.



**Figura 5.** Mapa de pozos con datos sobre agua de reflujo y de disposición. Los pozos activos con información sobre agua de fracturación hidráulica y de reflujo están en azul (2729 pozos) y los pozos activos que no contienen datos sobre agua de fracturación hidráulica pero sí sobre reflujo están marcados en amarillo (865 pozos). Los pozos de inyección de agua con datos informados sobre reutilización son 2 en naranja y solo 10 pozos sumideros en color rosa.

fracturación hidráulica y agua producida, mientras que 865 pozos no tienen datos sobre agua de fracturación hidráulica pero sí pequeñas cantidades sobre agua producida. Esto significa que casi  $\frac{1}{4}$  de los pozos en la categoría de extracción efectiva solo tienen información sobre el agua de retorno, y no sobre el volumen de agua que se inyectó inicialmente. Esto indica que los datos recopilados no revelan el verdadero alcance del agua utilizada. Solo 10 pozos contienen datos sobre agua producida reusada y 2 sobre agua de disposición. Un porcentaje mucho menor de los millones de litros de agua utilizados para producir petróleo y gas natural se rastrean después de su uso, y mucho menos se tratan y reutilizan. Además, informes locales han documentado reclamos de residentes que las compañías de combustibles fósiles estaban arrojando esta agua contaminada a las alcantarillas públicas, cuestionando la gestión de las aguas residuales por parte de las empresas (LMNeuquén, 2024).

## 2.4. Consideraciones estratégicas

Existen diferencias en el marco normativo ambiental entre las provincias, en particular en la política hídrica para la extracción de combustibles fósiles. Uno de los mensajes clave de estas políticas es la necesidad de examinar con mayor detalle los riesgos de contaminación de las fuentes de agua superficial y subterránea desde una perspectiva de cuenca hidrográfica que incluya la toma de decisiones con mayor participación de las autoridades de cuenca establecidas en el área (AIC, sf; COIRCO – Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, sf).

### 2.4.1. Características claves de las políticas ambientales provinciales

La provincia de Neuquén promulgó en 1975 una ley de aguas (Legislatura de Neuquén, 1975), que, junto con el decreto reglamentario 790/99 (Legislatura Neuquén, Argentina, 1999), establece un marco regulatorio. Este marco normativo se centra en la gestión sostenible y la protección de los recursos hídricos en toda la

provincia priorizando el consumo humano y el riego por sobre el uso industrial del agua. El decreto 1483 (Legislatura Neuquén, Argentina, 2012) contiene las normas y procedimientos para el fracking, que establece que un análisis de riesgo ambiental puede ser solicitado por la Subsecretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable si lo cree pertinente (artículo 3). De manera similar, el decreto 1483 regula el uso de aguas subterráneas para actividades de hidrocarburos no convencionales que restringe el uso de aguas subterráneas para el fracking, especialmente en los 100 metros superiores (artículo 9). El uso de aguas superficiales se regula en función de la demanda máxima durante los períodos de bajo caudal para garantizar caudales sostenibles (artículo 8). El propósito de estas regulaciones es proteger los recursos de agua subterránea y superficial para las necesidades humanas esenciales (IARH, 2024 - tiempo 1:05:30). La regulación del agua residual incluye los requisitos para reutilizar el agua y la eliminación del Flow back en “pozos”. Se prohíbe terminantemente la disposición de los remanentes en los sumideros o pozos de disposición (artículo 10) y la disposición de los remanentes en cuerpos de agua superficiales, que no pueden almacenarse en recipientes al aire libre (artículo 11). Asimismo, según el reglamento, cada uno de los pozos de disposición debe contar con un pozo monitor, entre otros elementos técnicos de control.

La regulación para la provincia de Río Negro tiene algunas diferencias. La ley 2952 (Legislatura de Río Negro, 1995) es como en Neuquén en cuanto a la priorización de la asignación de agua para los diferentes sectores. Sin embargo, un detalle importante es que la máxima prioridad de la asignación de agua son las poblaciones (al igual que Neuquén), pero también incluye a las industrias con bajos niveles de consumo dentro de la primera prioridad. En segundo lugar, incluye el riego y, en tercer lugar, otros usos. Por lo tanto, existe cierta ambigüedad sobre qué son los niveles bajos de consumo para usos industriales y cómo se aplica eso para el fracking. Además, Río Negro cuenta con una regulación más amplia, en comparación con Neuquén, en materia de controles y monitoreo, ya que sigue la política a nivel nacional de regulación ambiental de 1993. Con la reciente expansión de las industrias y los complejos

desafíos ambientales en las cuencas, junto con los nuevos conocimientos sobre los impactos ambientales, sería recomendable actualizar la normativa, considerando las recomendaciones de las instituciones regionales como las propuestas por la AIC (Cifuentes & Labollita, 1996; Menone *et. al.*, 2021).

#### **2.4.2. Implicaciones clave de estas políticas**

En el contexto de Neuquén, existe una estructura de política regulatoria más fuerte para salvaguardar el medio ambiente y a las personas de los daños potenciales de la extracción de combustibles fósiles. Sin embargo, no está claro si el refuerzo de estas políticas regulatorias es adecuado, teniendo en cuenta el aumento del nivel de extracción de la industria en la última década y las restricciones presupuestarias vigentes del gobierno nacional y cómo esto puede afectar a las organizaciones públicas a nivel provincial. Las conversaciones con expertos locales indican que se necesita un mayor apoyo a las instituciones públicas provinciales para garantizar esfuerzos de monitoreo adecuados. Garantizar que se cumplan las políticas es de gran importancia ahora y especialmente en los próximos años con el crecimiento exponencial planificado de la cantidad de barriles producidos por día por las industrias petroleras. Una evidencia de la necesidad de un mayor apoyo presupuestario es la falta de disponibilidad de datos e información claros y transparentes y la falta de informes sobre las cantidades de desechos eliminados. Por ejemplo, si bien la regulación muestra que todo el flujo de retorno se reutiliza o se elimina, los datos disponibles muestran que solo se elimina una pequeña parte del flujo de retorno (ver agua producida vs. agua de eliminación en la Figura 4). Por lo tanto, hay una gran cantidad de flujo de retorno que no se contabiliza y, por lo tanto, no está claro dónde se elimina. Al observar estos datos por pozo, solo se muestran 2 pozos de eliminación que contienen datos (Figura 5).

Para el contexto de Río Negro, la política ambiental es menos detallada que la de Neuquén, a pesar de que Río Negro es la provincia con más incidentes de contaminación reportados. La Figura 5 muestra la ubicación de los incidentes reportados públicamente de contaminación de aguas subterráneas por fugas de petróleo de pozos convencionales ubicados cerca de pozos

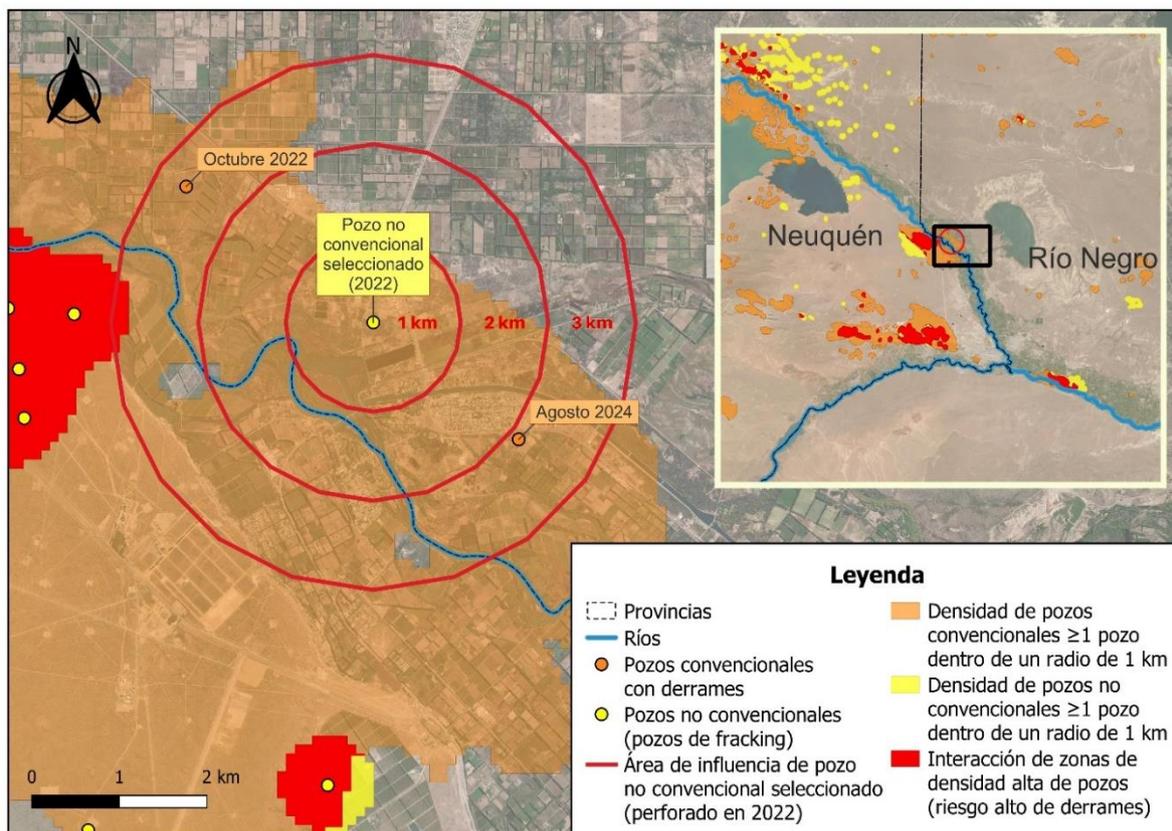
no convencionales. La figura se centra en un pozo de fracking para mostrar el método de proximidad de riesgo en una región donde se hicieron públicos dos derrames de petróleo reportados en sus aguas subterráneas. La universidad local recibió relatos de un total de cinco familias que reportaron incidentes en la región, de los cuales en Campo Grande hay al menos dos casos públicos. También se conocen otros casos de incidentes reportados por vecinos u organizaciones en los medios locales (Orrego et. al., 2023). La imagen en la esquina superior derecha de la Figura 6 muestra los límites provinciales entre las dos provincias, delimitados por el río Neuquén y las áreas de riesgo por interacción de pozos.

**2.4.3. Protección de Áreas Agrícolas: Una clave para la Sustentabilidad**

Mantener las áreas agrícolas es fundamental para garantizar la sustentabilidad a largo plazo, especialmente frente a los impactos negativos del

fracking. La expansión de la industria hidrocarburífera no solo reduce la disponibilidad de agua para la agricultura, sino que también contamina las fuentes de agua de riego, afectando la calidad y cantidad de los cultivos. A esto se suma la competencia por la mano de obra, que dificulta el sostenimiento de la producción agrícola. En este contexto, la mayor concentración de pozos se encuentra en Neuquén (Figura 6), lo que genera una presión significativa sobre los recursos hídricos de la región. La configuración natural del río establece que la llanura de inundación se ubica en el lado este (Río Negro), donde se encuentra la rica zona agrícola, la cual es la más afectada por los incidentes derivados de la actividad hidrocarburífera.

Por lo tanto, es crucial desarrollar estrategias que protejan las zonas agrícolas y promuevan un equilibrio entre las necesidades industriales y agrícolas. Un enfoque basado en la cuenca hidrográfica es esencial, ya que, aunque Neuquén



**Figura 6.** El mapa principal muestra dos incidentes públicos cerca de un pozo de fracturación hidráulica en 2022, donde se produjo contaminación de aguas subterráneas con combustibles fósiles. La fuga de combustibles fósiles provino de pozos convencionales. El mapa de la esquina superior derecha muestra la ubicación de las áreas de interacción entre pozos de petróleo convencionales (naranja), pozos de petróleo no convencionales (amarillo) y convencionales y no convencionales (rojo), así como los incidentes de contaminación desde una vista de la cuenca hidrográfica.

aprueba y monitorea los pozos en su lado del río, los impactos pueden trasladarse al lado de Río Negro (OBSERVAR, 2024). Las políticas públicas y regulaciones deben considerarse dentro de un marco integral de cuenca hidrográfica, con una mayor participación de las autoridades interprovinciales. Este equilibrio, apoyado en regulaciones de uso de suelo y en una gestión sostenible de los recursos naturales, es vital para minimizar los impactos ambientales y garantizar la coexistencia de diversas actividades productivas, favoreciendo la protección de los recursos hídricos y las zonas agrícolas esenciales para la seguridad alimentaria y el desarrollo a largo plazo.

Con base en la información presentada surgen las siguientes recomendaciones de política clave de este estudio:

- **Un papel más activo de la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) y la Comité Interjurisdiccional Del Río Colorado (COIRCO)** como instituciones de gobernanza de cuencas que puedan revisar la legislación. Es necesario contar con una gestión integrada de los recursos hídricos con mayores capacidades técnicas y administrativas, así como con más personal, infraestructura y presupuesto operativo para ejercer la supervisión con una normativa mejorada, actualizada y moderna. Es necesario aumentar la financiación y el apoyo a estas instituciones, así como mejorar la coordinación y la participación con una perspectiva de cuencas. También es esencial la participación de otros profesionales e instituciones que trabajan en este tema.

- **Información más transparente y accesible sobre las operaciones de la industria** que incluya datos e información relevantes. En particular, sobre la aplicación de las regulaciones y las obligaciones de presentación de informes de las industrias. Esto incluye una mejor presentación de informes sobre i) volúmenes de uso de agua, ubicación de las extracciones de agua y gestión y eliminación de aguas residuales, ii) tratamiento y reutilización planificados de aguas residuales, iii) ubicación de los pozos de fracking planificados, iv) publicación de evaluaciones de impacto ambiental. Dados los incidentes registrados, antes de aprobar nuevos pozos de fracking, se debe revisar el estado de los pozos convencionales más antiguos, ya que estas

interacciones se ven. Por ejemplo, existe un proceso de licitación para un área al norte de Cinco Saltos que abrirá la licitación para las empresas que emprenderán la explotación (Embajada de la India Buenos Aires, Argentina, 2024; Gobierno De La Provincia De Río Negro - *Secretaría De Estado De Energía Y Ambiente - Secretaría De Hidrocarburos* , 2024).

- **Creación de zonas de amortiguamiento** (fuentes de agua, áreas agrícolas, poblacionales, etc.) como parte del ordenamiento territorial y en relación con las recomendaciones antes mencionadas. Una consideración es prohibir las perforaciones en áreas de alto riesgo, es decir, espacios entre 1 y 3 km de escuelas, centros poblados y cursos de agua, como se muestra en OBSERVAR.

La región sólo ha alcanzado el 40% de la producción planificada. La industria prevé seguir expandiéndose durante los próximos 5 a 10 años y, sin un fortalecimiento de la supervisión en todas las provincias, los posibles daños ambientales podrían ser catastróficos e irreversibles.

### 3. CONCLUSIONES

A nivel mundial, la transición energética busca la eliminación gradual de los combustibles fósiles, priorizando su uso en países de menores ingresos para fomentar el crecimiento económico, en respuesta a las preocupaciones por la equidad climática. Aunque economías como la de Estados Unidos están produciendo gas de esquisto a un ritmo acelerado (The Economist, 2024), la equidad climática plantea que esta transición debería ser más gradual en los países en desarrollo, permitiendo la extracción de combustibles fósiles para promover su economía nacional. Sin embargo, en muchos países, incluyendo Argentina, los procesos regulatorios y de monitoreo ambiental son insuficientes, y los datos disponibles no son fácilmente accesibles.

Es necesario ampliar el monitoreo de la contaminación en el agua y el suelo en áreas de alto riesgo, utilizando plataformas espaciales para identificar y priorizar las zonas más afectadas. En este contexto, la protección de las áreas agrícolas es fundamental para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas locales, ya que estas zonas dependen completamente del agua de riego y son cruciales para la producción de

alimentos. La expansión del fracking pone en peligro estos recursos esenciales, no solo por la contaminación directa del agua, sino también por la competencia por los recursos hídricos y la mano de obra.

Es imprescindible desarrollar políticas que protejan las zonas agrícolas y promuevan un equilibrio entre las actividades industriales y la producción de alimentos. La gestión de estos recursos debe llevarse a cabo dentro de un marco de cuenca hidrográfica, considerando los impactos transfronterizos, como es el caso de la región de Vaca Muerta, donde las acciones regulatorias deben ser coordinadas entre las provincias.

Equilibrar el desarrollo económico impulsado por el fracking con la salud ambiental y la equidad social en la región de Vaca Muerta es un desafío complejo. Las comunidades locales enfrentan riesgos ambientales graves, lo que requiere una acción urgente en la formulación y aplicación de políticas ambientales que mitiguen estos impactos. Este estudio subraya la importancia global de monitorear y generar conciencia sobre los efectos del fracking, para evitar que la carrera por la extracción de combustibles fósiles cause daños irreparables a las áreas agrícolas y a las comunidades que dependen de ellas para su subsistencia.

#### 4. REFERENCIAS

AIC - Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (sin fecha). Recuperado el 28 de octubre de 2024, de <http://www.aic.gob.ar/sitio/home>

Aleph Energy. 2023. *Oil and Gas Monthly Report—January 2023.pdf*. Google Docs. [https://drive.google.com/file/d/1CafMUBmD18iYG0FqzOLtTOALan2hnr1/view?usp=embed\\_facebook](https://drive.google.com/file/d/1CafMUBmD18iYG0FqzOLtTOALan2hnr1/view?usp=embed_facebook)

Álvarez Mullally, M. 2023. Brotes Negros: Diez meses de derrame en la zona frutícola de Río Negro. *Observatorio Petrolero Sur*. <https://opsur.org.ar/2023/08/31/brotes-negros-diez-meses-de-derrame-en-la-zona-fruticola-de-rio-negro/>

Cifuentes, O., & Labollita, H. 1996. Propuesta de niveles guías de calidad para las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro - Secretaría de Gestión Ambiental. [www.aic.gob.ar/sitio/archivos/201508/propuesta%20de%20niveles%20guía%201996.pdf](http://www.aic.gob.ar/sitio/archivos/201508/propuesta%20de%20niveles%20guía%201996.pdf)

LMNeuquen 2024. *Clausuran una empresa que tiraba agua del fracking al desagüe de Centenario*. <https://www.lmneuquen.com/neuquen/clausuran-una-empresa-que-tiraba-agua-del-fracking-al-desague-centenario-n1121103>

COIRCO – Comité Interjurisdiccional del Río Colorado. (n.d.). Retrieved October 28, 2024, from <https://www.coirco.gov.ar/>

EIA. 2015. *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Argentina* (Independent Statistics & Analysis). U.S. Energy Information Administration. [https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Argentina\\_2013.pdf?zscb=20631029](https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/Argentina_2013.pdf?zscb=20631029)

Embassy of India Buenos Aires, Argentina. 2024. Government of the province of Río Negro - *State Secretariat of Energy and Environment - Hydrocarbon Secretariat*. Argentine Tenders. <https://www.indembarg.gov.in/page/argentine-tenders/>

Forni, L., Mautner, M., Lavado, A., Burke, K. F., & Gomez, R. D. 2021. *Watershed implications of shale oil and gas production in Vaca Muerta, Argentina* [Working Paper]. Stockholm Environment Institute. <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2021/05/watershed-implications-of-shale-oil-and-gas-production-in-vaca-muerta.pdf>

Gobierno de la Provincia de Río Negro - *Secretaría de Estado de Energía y Ambiente - Secretaría de Hidrocarburos*. 2024. Boletín Oficial República Argentina. [www.boletinoficial.gob.ar/pdf/aviso/tercera/2381450/20240927](http://www.boletinoficial.gob.ar/pdf/aviso/tercera/2381450/20240927)

IARH (Director). 2024. *Vaca Muerta: Interrogantes e Inquietudes* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=8j0RghCoEP0>

Legislatura de Neuquén. (1975). *Ley 899*. [www.argentina.gob.ar/sites/default/files/agua-neuquen.pdf](http://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/agua-neuquen.pdf)

Legislatura de Río Negro. 1995. *Ley Nº 2952*. Legislatura de Río Negro. <https://web.legisrn.gov.ar/legislativa/legislacion/ver?id=2953>

Legislatura Neuquén, Argentina. 1999. *Decreto 790/99 de la ley 899*. [https://www.ecofield.net/Legales/Neuquen/dec790-99\\_NEU.htm](https://www.ecofield.net/Legales/Neuquen/dec790-99_NEU.htm)

Legislatura Neuquén, Argentina. 2012. *Decreto 1483*. [http://200.70.33.130/images2/Biblioteca/D\\_1483\\_2012.PDF](http://200.70.33.130/images2/Biblioteca/D_1483_2012.PDF)

Loveless, S. E., Lewis, M. A., Bloomfield, J. P., Davey, I., Ward, R. S., Hart, A., & Stuart, M. E. 2019. A method for screening groundwater vulnerability from subsurface hydrocarbon extraction practices. *Journal of Environmental Management*, 249, 109349. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109349>

Mejor Energía. 2024. *Por el salto del shale oil de Vaca Muerta, Neuquén rompió la barrera de los 400 mil barriles por día*. Mejor Energía. <https://www.mejorenergia.com.ar/noticias/2024/07/22/3042-por-el-salto-del-shale-oil-de-vaca-muerta-neuquen-rompio-la-barrera-de-los-400-mil-barriles-por-dia>

Meng, Q. 2015. Análisis espacial del entorno y población en riesgo de fracking con gas natural en el estado de Pensilvania, EE.UU. *La ciencia del medio ambiente total*, 515–516. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.030>

Menone, ML, Iturburu, FG, Demetrio, PM, Venturino, A., Pedrozo, FL, Temporetti, PF, Rodríguez, A., Ame, MV, Quaini, KP, & Collins, PA 2021. Orientación sobre la

- calidad y los niveles del agua para la protección de la biodiversidad acuática. Interacción entre ciencia y gestión. *Ecología Austral*, 32 (1bis), 245–257. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.1.1722>
- OBSERVAR. 2024. *Plataforma Geoespacial Observar* [Research Platform]. <https://observar.projects.earthengine.app/view/interaccion-de-pozos>
- Orrego, L., Davies, C., González, A., Roca, J. C., Gómez, R. D., Mautner, M., & Forni, L. 2023. Mapeo de incidentes en Vaca Muerta y su influencia en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. *Boletín Digital de la FaCA*, I(1), Article 1.
- Rystad Energy. 2023. *Argentina's Vaca Muerta Shale Play Could Produce 1 Million Bpd In 2030*. OilPrice.Com. <https://oilprice.com/Energy/Crude-Oil/Argentinas-Vaca-Muerta-Shale-Play-Could-Produce-1-Million-Bpd-In-2030.html>
- Secretaría de Energía de Argentina. 2017a. *Datos Energía*. <http://datos.minem.gob.ar/>
- Secretaría de Energía de Argentina. 2017b. *Datos Energía*. <http://datos.minem.gob.ar/>
- The Economist. 2024. La revolución del esquisto contribuyó a hacer grande la economía de Estados Unidos. *The Economist, Informe especial*. <https://www.economist.com/special-report/2024/10/14/the-shale-revolution-ayudó-a-hacer-grande-la-economía-de-estados-unidos>.