

# Impactos ambientales y riesgos de contaminación por fracking en la cuenca del río Negro: un análisis geoespacial integrado

Diego Agustín González\*, Juan Carlos Roca\*\*, Lucía Orrego\*\*\*, Romina Díaz Gómez\*\*\*\*, Marina Mautner\*\*\*\*\* y Laura Forni\*\*\*\*\*

## Introducción

Vaca Muerta (Neuquén) es uno de los mayores yacimientos globales de hidrocarburos no convencionales explotados mediante fracking, una técnica que inyecta fluidos a alta presión para fracturar rocas y liberar combustibles fósiles. Su expansión ha generado preocupación por los impactos ambientales, especialmente en la cuenca del río Negro, Argentina, región clave para la agricultura y el suministro de agua en la Patagonia. Esta cuenca, formada por los ríos Limay y Neuquén, sustenta el riego de 150.000 hectáreas de cultivos frutales y abastece a poblaciones e industrias (González y Tomasevich, 2015).

La expansión del fracking en Vaca Muerta ha incrementado la actividad

petrolera cerca de los cuerpos de agua, zonas agrícolas y urbanas. La técnica de fracking, que utiliza la inyección de fluidos a alta presión para fracturar formaciones rocosas y liberar hidrocarburos, ha generado preocupación debido a los riesgos potenciales para la calidad del agua y la salud pública.

El objetivo de este trabajo consistió en analizar la información para entender los riesgos de contaminación por fracking y su impacto sobre los recursos hídricos y la producción agrícola en las cuencas hidrográficas de Vaca Muerta. Se desarrolló una plataforma geoespacial con indicadores de riesgo ambiental para promover la gestión sostenible, identificando sitios potenciales de riesgo de contaminación, los cuales fueron validados a partir de muestreo de calidad de agua y suelo a campo.

## Análisis geoespacial y metodología

La plataforma geoespacial Observ.ar<sup>1</sup> fue desarrollada para evaluar los riesgos ambientales asociados a la expansión del fracking en las cuencas de los ríos Neuquén y Negro. Integra un enfoque holístico, colaborativo y transparente, combinando datos ambientales, sociales y económicos; talleres participativos con actores locales; y herramientas de software libre con datos abiertos.

Observ.ar caracteriza espacial y temporalmente la actividad hidrocarburiífera mediante sensores remotos, estudios locales y conocimiento experto.

Participaron instituciones como el Instituto de Medioambiente de Estocolmo (SEI) y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue (FACA-UNCOMA), desarrollando indicadores de riesgo basados en análisis de proximidad (Chakraborty y Maantay, 2011), densidad de pozos y modelos automáticos de detección de locaciones.

Los indicadores incluyen:

- Caracterización de pozos (convencionales, no convencionales y no informados, 1900–2023).
- Proximidad a cuerpos de agua, ríos y canales de riego, con distancias que definen niveles de riesgo de contaminación según Meng (2015). El riesgo hídrico se fundamenta en estudios previos sobre impactos del fracking (Vengosh *et al.*, 2014, 2017).
- Proximidad a localidades, para identificar amenazas potenciales a la salud pública.
- Interacción entre pozos, donde se mide la densidad e intersección espacial de pozos convencionales y no convencionales, considerando riesgos documentados por Jackson *et al.* (2014) y la U.S. Environmental Protection Agency (2016) sobre contaminación subterránea por deterioro estructural de pozos antiguos.

Además, se aplicó un modelo de aprendizaje automático para detectar locaciones de fracking en imágenes Sentinel-2, utilizando Random Forest, algoritmo reconocido por su robustez en clasificación (Rodríguez-Galiano *et*

\* Ingeniero Agrónomo y Especialista en Educación, Magíster en Gestión y Auditorías Ambientales. Docente e Investigador, Departamento de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. [diego.gonzalez@faca.uncoma.edu.ar](mailto:diego.gonzalez@faca.uncoma.edu.ar)

\*\* Ingeniero Agrónomo y Especialista en Intervención Ambiental y Gestión Integral de Residuos Urbanos. Docente, Investigador y responsable del Laboratorio de Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. [juan.roca@faca.uncoma.edu.ar](mailto:juan.roca@faca.uncoma.edu.ar)

\*\*\* Técnica Química Nacional. Estudiante Avanzada de la Carrera Ingeniera Agronomía, Auxiliar de Docencia y Becaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. [lorrego@gmail.com](mailto:lorrego@gmail.com)

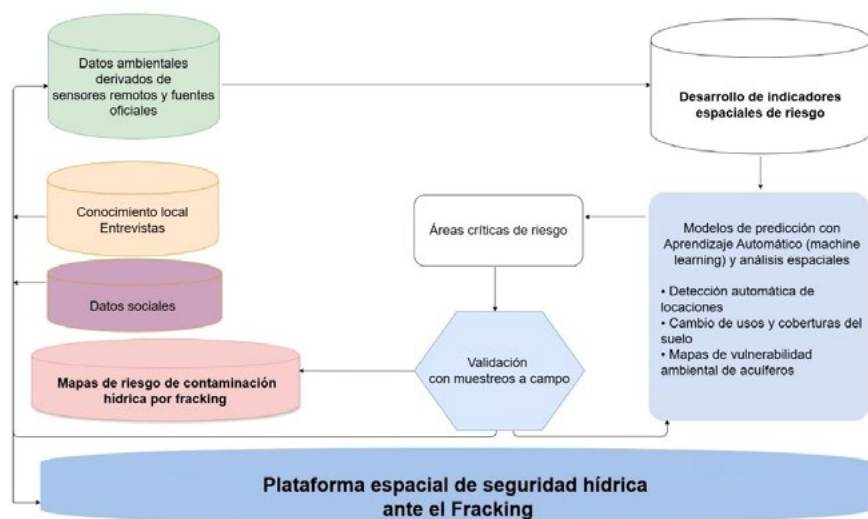
\*\*\*\* Doctora en Ciencias Biológicas y Experta en el uso de sensores remotos aplicados a la gestión de cuencas hidrográficas. Investigadora en el Programa de Agua, Stockholm Environment Institute. [romina.diazgomez@sei.org](mailto:romina.diazgomez@sei.org)

\*\*\*\*\* Doctora en Ciencias Hidrológicas y Magister en Ingeniería de Recursos Hídricos. Investigadora en el Programa de Agua, Stockholm Environment Institute. [marina.mautner@sei.org](mailto:marina.mautner@sei.org)

\*\*\*\*\* Magíster en Economía Agrícola y de Recursos. Directora del Programa de Agua, Stockholm Environment Institute. [laura.forni@sei.org](mailto:laura.forni@sei.org)

<sup>1</sup> Puede visitarse en <https://observar.com.ar/>

FIGURA 1. Estructura de la plataforma geoespacial



Fuente: elaboración propia.

al., 2012). El modelo incorporó bandas espectrales, índices NDVI y BSI, y datos topográficos para aumentar la precisión (Wang *et al.*, 2022; Castaldi *et al.*, 2023). Esto permite un monitoreo mensual de nuevas instalaciones y una gestión continua del riesgo ambiental.

### Relevamientos de campo

Se han mapeado los sitios donde se han reportado incidentes en la región (Orrego *et al.*, 2023). En sitios cercanos a los reportados, se han realizado muestreos de suelos y agua en lugares próximos a las locaciones en octubre 2023 y abril 2024 con el fin de evaluar la calidad actual y detectar la presencia de contaminantes provenientes de la actividad hidrocarbúrfica y su potencial efecto en la calidad de los sitios agrícolas en la localidad de Allen, provincia de Río Negro.

### Resultados y hallazgos

La plataforma geoespacial Observ.ar está alojada en [observar.com.ar](http://observar.com.ar) y está en constante edición. Se ofrece también un espacio de contacto para recibir retroalimentación. A continuación, se describen los principales resultados de los indicadores espaciales y la vali-

dación a campo de los sitios con riesgos ambientales.

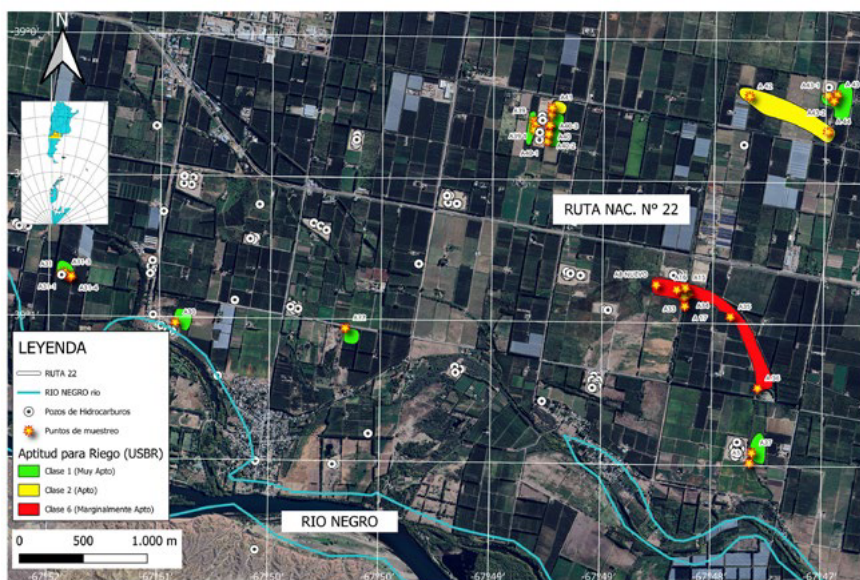
El análisis revela una alta densidad de pozos en áreas cercanas a los ríos y canales de riego, 64 pozos a menos de 1 km en el río Neuquén y 25 en el río Negro. Además, se identificó que existen 13 pozos no convencionales a menos de 1 km de los canales de drenaje. Esta proximidad plantea un riesgo signifi-

cativo de contaminación de las fuentes de agua y de suelos agrícolas. Además, se identificaron zonas donde la interacción entre pozos podría aumentar el riesgo de fallos en el sistema y posibles fugas de contaminantes. Cabe mencionar que en estos indicadores de riesgo no se tuvo en cuenta la longitud de las ramas laterales de los pozos y solo el lugar de puntura, alcanzando en algunos casos los 4.000 metros de extensión las ramas laterales.

En cuanto a la proximidad de pozos a las localidades, se identificó riesgo medio con distancias entre 1 y 2 km al Barrio Calle Ciega 10, Barrio Costa Oeste y Barrio Emergente, en la provincia de Río Negro. Mientras que en Neuquén las localidades afectadas son Añelo y Ruca Luhe.

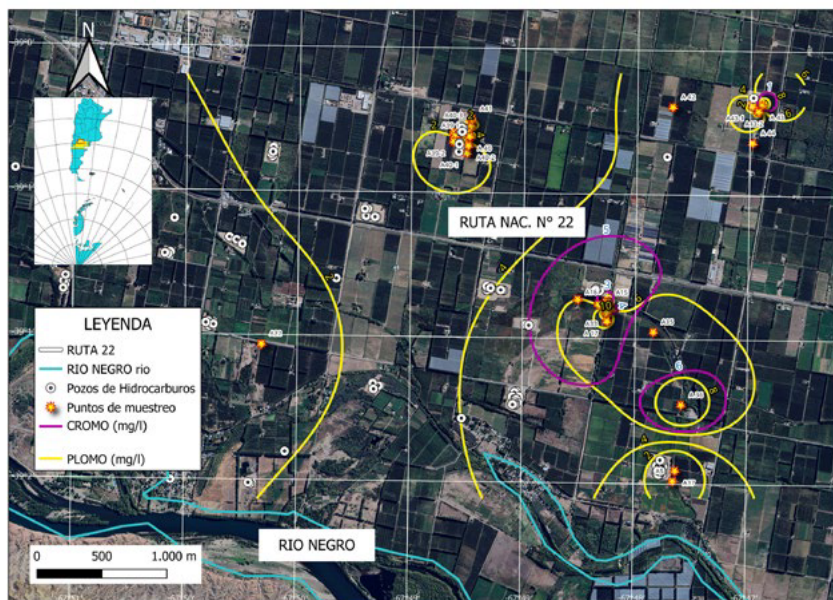
Encontramos que los suelos agrícolas alrededor de las plataformas petroleras son de clase altamente apta para cualquier tipo de cultivo, sin presentar limitaciones edáficas permanentes o transitorias en la mayoría de los casos evaluados (FIGURA 2). Además, se ha detectado la presencia de hidrocarburos en los suelos (Roca *et al.*, 2024), aunque en niveles por debajo de los valores guía establecidos por la nor-

FIGURA 2. Mapa de Aptitud de suelos Allen (USBR), Río Negro



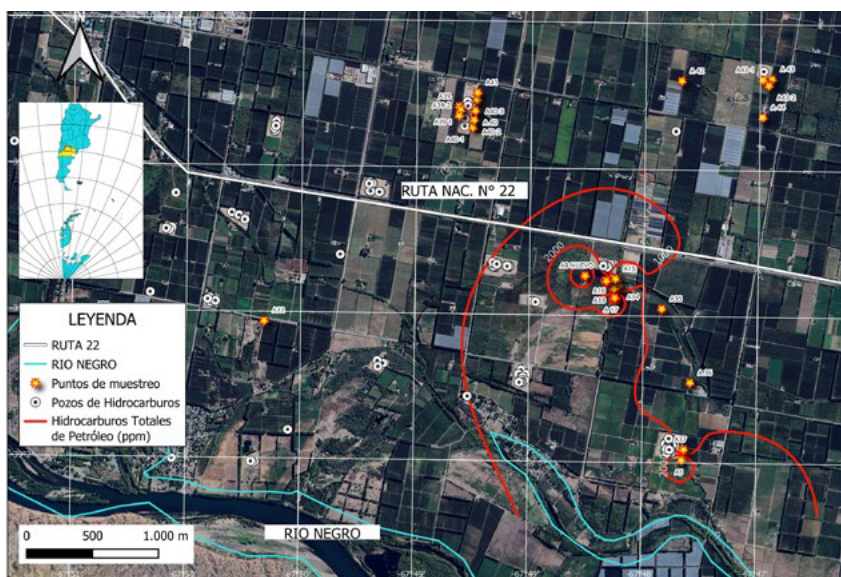
Fuente: elaboración propia (datos de octubre 2024).

FIGURA 3. Mapa de detección de metales pesados (cromo total y plomo) en Allen, Río Negro



Fuente: elaboración propia (datos de octubre 2024).

FIGURA 4. Mapa de detección de hidrocarburos en suelo (hidrocarburos totales de petróleo en ppm) en Allen, Río Negro



Fuente: elaboración propia (datos de octubre 2024).

mativa de la provincia de Río Negro. Asimismo, se identificó la presencia de cromo total y plomo en las aguas subterráneas de la napa freática e hidrocarburos totales de petróleo en suelo (FIGURA 3 y 4).

Se evidencia el reemplazo de suelos agrícolas por plataformas petroleras entre 2010 y 2024, el cual es irreversible, y no solo implica la pérdida neta de superficie productiva (ver FIGURA 5), sino también un riesgo adicional debido a la ausencia de zonas de amortiguamiento entre las áreas agrícolas y las actividades industriales, incrementando el riesgo de contaminación en los suelos y en los cultivos circundantes.

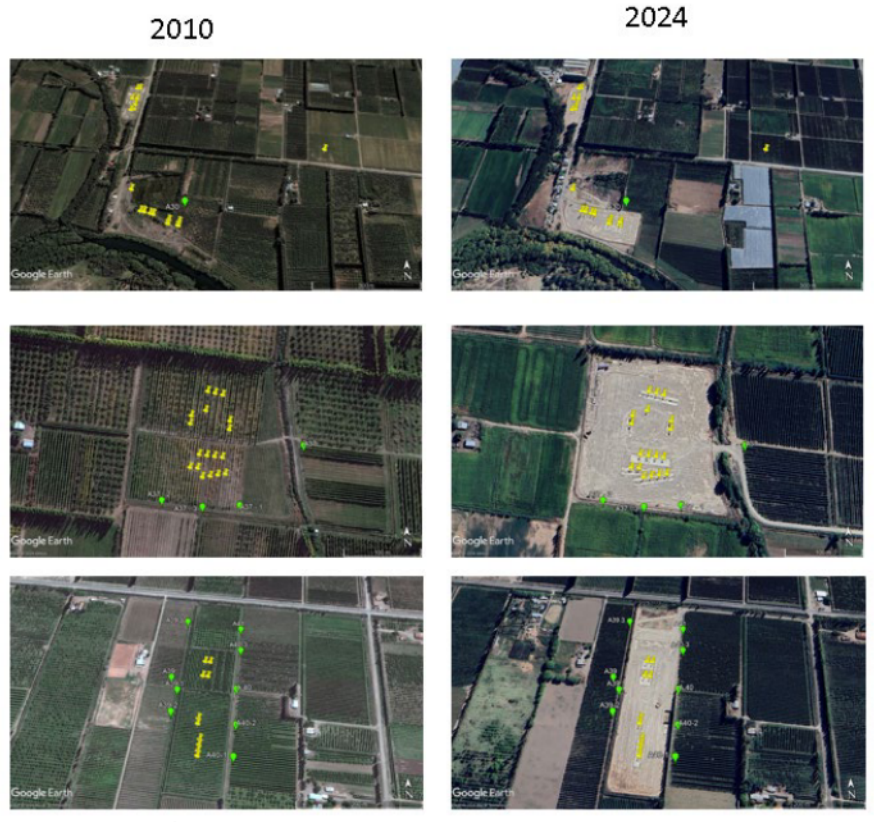
En la evaluación sobre los residuos petroleros se destaca la falta de información clara y accesible sobre el manejo de residuos líquidos y sólidos generados por el fracking. El almacenamiento y tratamiento de estos residuos, que incluyen lodos de perforación y agua residual con compuestos químicos peligrosos, debe ser gestionado con estrictos controles para evitar impactos negativos en el ciclo hidrológico y en las comunidades cercanas.

### Conclusión

El presente análisis geoespacial sobre la expansión del fracking en la cuenca del río Negro pone de manifiesto los riesgos significativos para el medio ambiente y la salud pública que conlleva esta actividad. La alta densidad de pozos de hidrocarburos, muchos de ellos situados cerca de cuerpos de agua, áreas agrícolas y comunidades urbanas, representa un potencial de contaminación crítica. Aunque en los muestreos de suelo no se detectaron niveles alarmantes de hidrocarburos, la presencia de cromo y plomo en las napas freáticas por encima de los valores guía para la protección de la vida acuática es un hallazgo que requiere atención inmediata.

El uso de herramientas geoespaciales avanzadas, como la plataforma Observar.com.ar, ha permitido una

FIGURA 5. Tres sitios en Allen, Río Negro, con suelos muy aptos reemplazados por fracking entre el 2010 a 2024



Fuente: elaboración propia (datos de octubre 2024).

identificación precisa de las áreas de riesgo, destacando la importancia de aplicar estas tecnologías para mejorar la planificación y gestión ambiental. Sin embargo, se evidencia una falta de información clara y accesible sobre la gestión de los residuos generados por el fracking, lo que agrava la situación y limita la capacidad de respuesta frente a posibles incidentes.

En vista de estos resultados, es crucial avanzar hacia la implementación de regulaciones más estrictas y adaptadas al contexto local, que consideren la proximidad de los pozos a recursos hídricos y áreas productivas. Asimismo, se deben promover sistemas de monitoreo continuo, públicos y transparentes, que involucren a las comunidades locales en la vigilancia del impacto ambiental. La inversión en tecnologías más seguras y el fortalecimiento de la participación ciudadana son pasos esenciales para mitigar los riesgos y asegurar una explotación más sostenible y responsable de los recursos hidrocarburíferos en la región.

## BIBLIOGRAFÍA

Castaldi, F., Halil Koparan, M., Wetterlind, J., Žydelis, R., Vinci, I., Özge Savaş, A., Kivrak, C., Tuñay, T., Volungevičius, J., Obber, S., Ragazzi, F., Malo, D., y Vaudour, E. (2023). Evaluación de la capacidad de las series temporales de Sentinel-2 para estimar el contenido de carbono orgánico y arcilla del suelo a escala local en tierras de cultivo. *ISPRS Revista de Fotogrametría y Teledetección*, 199, 40– 60. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.03.016>

Chakraborty, J. y Maantay, J. A. (2011). Proximity analysis for exposure assessment in environmental health justice research. *Geospatial analysis of environmental health*, 111-138.

González, A., & Tomasevich, I. (2015). *Disponibilidad de recursos y condiciones agroclimáticas de la provincia de Río Negro*. Proyecto FAO UTF ARG 017: Desarrollo Institucional para la Inversión. Río Negro.

Jackson, R. B., Vengosh, A., Carey, J. W., Davies, R. J., Darrah, T. H., O'Sullivan, F., & Pétron, G. (2014). *The environmental costs and benefits of fracking*. *Annual Review of Environment and Resources*, 39(1), 327–362. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-144051>

Meng, Q. (2015). *Spatial analysis of environment and population at risk of natural gas fracking in the state of Pennsylvania, USA*. *Science of the Total Environment*, 515, 198-206.

Orrego, L., Davies, C., González, A., Roca, J. C., Díaz Gómez, R., Mautner, M. y 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 FAa*, 1(1), 17–21.

Roca, J. C., González, D. A., Orrego, L., Frabotta, A., Davies, C., Serventi, M., Díaz Gómez, R., Mautner, M., y Forni, L. (2024). Relevamiento exploratorio de contaminantes residuales de actividad hidrocarburífera en suelos agrícolas de Allen, Río Negro. *XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, 21–24 de mayo, San Fernando del Valle de Catamarca.

Rodríguez-Galiano, V. F., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., y Rigol-Sanchez, J. P. (2012). An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 67, 93-104.

U.S. Environmental Protection Agency. (2016). *Hydraulic fracturing for oil and gas: Impacts from the hydraulic fracturing water cycle on drinking water resources in the United States (Final report) (EPA/600/R-16/236F)*. <https://cfpub.epa.gov/ncea/hfstudy/recordisplay.cfm?deid=332990>

Vengosh, A., Jackson, R. B., Warner, N., Darrah, T. H., y Kondash, A. (2014). A Critical Review of the Risks to Water Resources from Unconventional Shale Gas Development and Hydraulic Fracturing in the United States. *Environmental Science & Technology*, 48(15), 8334–8348.

Vengosh, A., Mitch, W. A., y McKenzie, L. M. (2017). Environmental and Human Impacts of Unconventional Energy Development. *Environmental Science & Technology*, 51(18).

Wang, Y., Liu, D., Zhang, F., y Zhang, Q. (2022). Monitoring the spatio-temporal dynamics of shale oil/gas development with Landsat time series: Case studies in the USA. *Remote Sensing*, 14(5).