



XXIX CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

C A T A M A R C A 2 0 2 4

SUELOS... HUELLAS DEL PASADO, DESAFÍOS DEL FUTURO

LIBRO DE ACTAS

ISBN 978-631-90070-3-9





XXIX CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Suelos... Huellas del pasado, desafíos del futuro”

RESÚMENES Y TRABAJOS EXPANDIDOS

Coordinador

Sixto Viale (FCA - UNCA)

21 al 24 de mayo de 2024
Catamarca – Argentina

ORGANIZADO POR



UNCA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA



FCA



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo

Libro de Actas del XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: resúmenes y trabajos expandidos / 1a ed ilustrada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo - AACS, 2024.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: online

ISBN 978-631-90070-3-9

1. Actas de Congresos. I, Título.

CDD 631.4071

ISBN 978-631-90070-3-9



9 786319 007039



RELEVAMIENTO EXPLORATORIO DE CONTAMINANTES RESIDUALES DE ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA EN SUELOS AGRÍCOLAS DE ALLEN, RIO NEGRO

**Roca, J.C.^{1*}, Gonzalez, D.A.¹, Orrego, L.¹, Frabotta, A.¹, Davies, C.¹, Serventi, M.¹, Díaz
Gómez, R.², Mautner, M.², Forni, L.²**

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue; ² US Water Group, Stockholm Environment Institute, US (SEI-US), Davis, CA 95616, USA; * Ruta 151, km 12.5, (8303) Cinco Saltos, Prov. de Río Negro, icarlosroca@hotmail.com

RESUMEN: El monitoreo de la calidad de los recursos naturales es clave para asegurar el desarrollo sostenible. Principalmente en zonas de producción hidrocarbúfera como Vaca Muerta, El estudio se realizó en áreas frutícolas de Allen, Río Negro, con un muestreo aleatorio de carácter exploratorio en cercanías de Plataformas Multipozos (PAD) que se enfocó en analizar suelos agrícolas y agua freática para evaluar la presencia de Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP) y metales pesados mercurio, arsénico, cadmio y cromo. Los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros permitidos por la Legislación Provincial y Nacional, así como con regulaciones internacionales de países con producción de hidrocarburos no convencionales. Esta comparación reveló discrepancias significativas en los límites permitidos entre distintos países, lo que sugiere la necesidad de revisar la legislación actual para garantizar una protección adecuada del medio ambiente y la salud humana.

La presencia de HTP y metales pesados en muestras de suelo y agua freática indica una potencial contaminación, aunque los niveles encontrados no superaron los límites establecidos por la legislación vigente. Sin embargo, estos resultados resaltan la importancia de monitorear de cerca la actividad petrolera y sus impactos en el entorno agrícola.

Este estudio proporciona una base para futuras investigaciones y acciones regulatorias y además destaca la necesidad de implementar medidas de gestión ambiental más rigurosas en áreas agrícolas afectadas por la actividad petrolera. La revisión y actualización de la legislación son pasos fundamentales para garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública en estas zonas.

Se concluye la importancia de evaluar y comprender los impactos ambientales de la producción de hidrocarburos en áreas agrícolas, urbanas y ambientes naturales. Para finalizar se remarca la necesidad de una legislación actualizada y coherente con estándares internacionales para garantizar una gestión ambiental efectiva y sostenible.

PALABRAS CLAVE: vaca muerta, fruticultura, suelos agrícolas contaminados.

INTRODUCCIÓN

La zona agrícola bajo riego del Alto Valle del Río Negro y Neuquén tiene más de 100 años de historia. En estos últimos años tensiones sobre el uso de suelo se han acentuado, principalmente corriendo la frontera urbana e industrial sobre la agrícola.

En particular la zona de Allen se presenta el comienzo del fracking dentro del suelo agrícola en el año 2011 como técnica no convencional para la extracción de hidrocarburos. La explotación de Vaca Muerta genera a las provincias gran actividad económica de manera directa y de servicios anexos, requiere no solo espacio para la locación sino también playas de maniobras y servicios.



La fruticultura intensiva bajo riego representa el 95 % de la actividad agrícola total, en Allen en los últimos 5 años paso de 5722 a 5278 hectáreas, resultando en una disminución del 8% de la superficie implantada.

La actividad hidrocarburífera no solo afecta la cantidad de superficie que ocupa, sino que presenta un riesgo a la exposición del suelo y agua, productos agrícolas, residentes y ambiente en general a productos contaminantes de la propia actividad (Alemán-Contreras et al., 2022)

Los Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP) son todos los compuestos orgánicos derivados del petróleo en una muestra de suelo o agua. Los hidrocarburos se componen de alifáticos, cicloalifáticos y aromáticos, no es posible medir cada uno de ellos en una muestra. Por eso, se usan métodos analíticos que miden la concentración total de hidrocarburos en la muestra, dando así una idea general de la cantidad de compuestos orgánicos en el petróleo. El HTP es una medida importante para caracterizar muestras de petróleo y sirve para la industria petrolera para varios propósitos, como evaluar la calidad y composición de los yacimientos de petróleo crudo, caracterizar sitios impactados y nivel de contaminación residual total. El uso de tecnologías no convencionales para la extracción de hidrocarburos requiere una evaluación detallada de los impactos y están siendo atendidos por autoridades sanitarias y ambientales de otros lugares del mundo (García, 2015).

Existe antecedentes recientes de la presencia de HTP en suelos agrícolas (Mendía & Roca, 2012) y el nivel de riesgo y peligrosidad en la zona de Valentina, Neuquén (Mendía et al., 2018; Mendía & Gonzalez, 2016) en función de la distancia y teniendo en cuenta la expansión acelerada en la factura hidráulica para la extracción de hidrocarburos no convencionales los estudios sobre la contaminación de suelos y aguas deben potenciarse para contener y prevenir mayores daños.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en la zona rural de la localidad de Allen, Río Negro (Figura 1). Se seleccionaron 8 puntos de muestreo dentro de un bloque de 400 hectáreas en donde hay 6 PAD con 53 pozos perforados (Figura 2). En la misma zona han ocurrido varios incidentes de incendios, spray, derrame de hidrocarburos y aguas de retorno desde el 2011 hasta el presente (Orrego et al., 2023).



Figura 1: Ubicación general del área de estudio

En fecha 7 y 14 de septiembre del 2023 se realizó un muestreo a 2 profundidades con pala barreno y agua en cursos de desagüe. Es necesario mencionar que esta zona tiene un acuífero freático, libre y superficial, que varía de 0.60 m a 2.00 m en función de la época del año, caudal y nivel del Río Negro, estado de conservación de la red de desagüe y colectores y riego en la zona principalmente. Durante el muestreo hasta la profundidad de 90 cm no se encontró en ningún punto el nivel freático.



Figura 2: Ubicación en el área de estudio (línea roja) de los puntos de muestreo de Suelos (círculo rojo) y Agua (círculo azul) y el detalle del área de estudio con PAD y Pozos fracturados (estrellas amarillas).

Las muestras de suelo y aguas fueron enviadas a laboratorio certificado ambientalmente para la realización de los análisis indicados en Tabla 1, los protocolos enunciados se corresponden a la caracterización de HTP y metales pesados que son comúnmente utilizados en la industria petrolera.

Tabla 1. Matriz de ensayos Suelos y Aguas

Parámetro	Método Analítico Suelo	Método Analítico Agua
Hidrocarburos totales	EPA 3550 C-418.1	EPA 418.1
Bario		EPA 3015 A/6020 B
Plomo	EPA 3050 B-7000 B	EPA 3020 A-7010
Mercurio	EPA 7471-A	EPA 7470-A
Arsénico	SM 3030 G/3500-As B	SM 3500 As B
Cadmio	EPA 3050 B-7000 B	EPA 3020 A-7010
Cromo total	EPA 3050 B-7000 B	EPA 3020 A-7010
pH en pasta saturación (PS)	EPA 9045 D	
Conductividad Eléctrica PS	SM 2510 B	

En las Tablas 2 y 3 se presentan los valores guía aplicables a la provincia de Río Negro por categoría de uso y por destino. También se incluye los valores recomendados por la Autoridad Interjurisdiccional de cuencas (Cifuentes & Labollita, 1996) en donde se proponen valores mínimos y máximos en agua para algunas sustancias. Estos valores de referencia indican a partir de que concentración o presencia de estas sustancias comienzan a considerarse como contaminantes

Tabla 2. Niveles guía ley 24 051 - Decreto 831/93 en Suelo

CONSTITUYENTE PELIGROSO	USO AGRICULTURA	USO RESIDENCIAL	USO INDUSTRIAL
Plomo (ppm)	375	500	1000
Mercurio (ppm)	0,8	2	20
Arsénico (ppm)	20	30	50
Cadmio (ppm)	3	5	20
Cromo Total (ppm)	750	250	800

Tabla 3. Valores de Niveles guía según la Ley 24 051 - Decreto 831/93 calidad de agua y propuestos por AIC.

CONSTITUYENTE PELIGROSO	AIC	
	mínimo	máximo
Plomo (mg/l)	0.01 a 0.033	0.001
Mercurio (mg/l)	0,001 a 0,002	0.0001
Arsénico (mg/l)		0.05
Cadmio (mg/l)	0,005 a 0,01	0.0002
Cromo Total (mg/l)	0,05 a 0,059	0.002
Bario (mg/l)		1

En la Tabla 4 se presentan para las provincias de Río Negro y Neuquén las normativas aplicables para valores de concentración en suelos de HTP mg/Kg o ppm.

Tabla 4. Límites de Hidrocarburos en Suelo – Legislación Provincial

PROVINCIA	NORMATIVA	LÍMITES HIDROCARBUROS
NEUQUÉN	Ley prov. N° 1875 Dec 2656/99 / Disp 759/10	10.000 mg/Kg
RIO NEGRO	Res CODEMA 12/05	Adhiérase a los niveles guía Decreto N° 831/93

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a las muestras de suelos, Tabla 5 observamos presencia de HTP en las muestras perimetrales a la laguna que, aunque no superan los límites de referencia (10.000 ppm), indican que ha habido una amplia contaminación y una cantidad residual. En la laguna contigua al PAD los análisis de las muestras de agua Tabla 6 muestran valores de Cadmio, Cromo total y Plomo no compatibles con la legislación para calidad de agua para protección de vida acuática, agua dulce superficial (Ley 24.051 Dec. 831/93 Tabla 1), los valores dejan de ser perceptibles aguas abajo por el desagüe en los muestreos de aguas A-18, 19 y 20.

Tabla 5 resultado de muestras de suelo

Parámetros	Unidad	A2		A8		A17		A5	
		0.30cm	0.60cm	NUEVO 0.30cm	NUEVO 0.60cm	0.30cm	0.60cm	0.30cm	0.60cm
HTP	mg/kg	4290	5330	4220	4210	4110	3930	3110	3690
Plomo	mg/kg	< 20.0	< 20.0	< 20.0	< 20.0	< 20.0	< 20.0	< 20.0	< 20.0
Mercurio	mg/kg	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8
Arsénico	mg/kg	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Cadmio	mg/kg	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Cromo Total	mg/kg	15,0	16,6	14,7	13,9	12,5	14,9	10,8	13,2
pH	pH	8,4	8,2	8,3	7,9	8,5	8,3	8,0	8,1
Conductividad	µS/cm	590	490	550	420	5500	2400	2570	2210
Humedad	% p/p	33,5	33,4	30,3	31,4	20,9	26,0	12,0	15,4

Tabla 6 Resultados de muestras de agua

Parámetros	Unidad	A-19	A-16	A-20	A-18	A-15
HTP	mg/l	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Plomo	mg/l	0,001	0,006	0,001	0,001	0,010
Mercurio	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Arsénico	mg/l	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0,032
Cadmio	mg/l	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0,0002
Cromo Total	mg/l	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0,006
Bario	mg/l	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50

Teniendo en cuenta que continúa la expansión de extracción de hidrocarburos con la técnica de fractura hidráulica sin restricciones, en algunos casos a pocos metros de las plantaciones, zonas residenciales o cursos de agua se pone de manifiesto la importancia de relevar los contenidos de contaminantes en las zonas aledañas.

Se realizó una búsqueda de normativa en otros países en cuanto a los niveles guía de HTP en suelo como se muestra en la Tabla 7, en una primera aproximación todos los sitios relevados resultan impactados y requeriría una intervención para sanearlos, más aun teniendo en cuenta la presencia del acuífero freático superficial y la cercanía al curso principal del río Negro.

Tabla N° 7 Otras Normativas Límites de Hidrocarburos en Suelo

PAÍS	NORMATIVA	LÍMITES HIDROCARBUROS
ESPAÑA	Real Decreto 9/2005: Hidrocarburos totales (C10-C40)	1.000 mg/kg
	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	10 mg/kg
BOLIVIA	Decreto Supremo N° 2400 Hidrocarburos totales al agua	1mg/L
	HTP al suelo de 0 a 1.50 m Agrícola/Ganadero/Forestal	200 mg / Kg
	HTP al suelo de 0 a 1.50 m Residencial/Recreacional	1000 mg/Kg
COLOMBIA	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Manual técnico para ejecución de análisis de riesgos Hidrocarburos totales al suelo Agrícola	250 a 5600 mg/Kg en función de tipo de hidrocarburo
EEUU	Normativa por Estado. Hidrocarburos totales al suelo Agrícola (Michelsen & Boyce, 1993)	De 100 mg/Kg a 10000mg/Kg
RUMANIA	Según (Dumitru & Vladimirescu, 2017)	500 mg/Kg a partir de este valor requiere intervención
MÉXICO	NOM-EM-138-ECOL-2002 Hidrocarburos totales (uso agrícola)	200 a 1.000 mg/kg según provenga de gasolinas, diesel u otros productos
	NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	1 mg/kg (uso agrícola)

Del análisis anterior resulta una necesaria revisión de bibliografía y discusión sobre los valores límite de guía permisibles en agua y suelo para uso agrícola, residencial y ambiente en general. La normativa con la que contrastamos los resultados resulta obsoleta con el conocimiento actual sobre los efectos nocivos de las cargas ambientales de contaminantes.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en las muestras de suelos se observa que, en la zona próxima a las locaciones, con actividad actual de frutihorticultura a menos de 100 metros de los sitios

muestreados se observa presencia de HTP con valores entre 3110 a 5330 ppm, que si bien no superan los límites permitidos en la legislación actual indican que ha habido contaminación en la locación en algún momento.

Los resultados obtenidos en las muestras indican que según los niveles encontrados en agua hay valores de metales pesados en el límite permitido y por encima de los mismos tanto en Cromo con 0.006 mg/l como Plomo 0.010 mg/l. Estos valores fueron obtenidos en las muestras próximas a la laguna contigua a la locación por lo que se presume que su origen es proveniente de la actividad hidrocarburífera.

Dado el carácter exploratorio del muestreo se considera recomendable efectuar un análisis exhaustivo y generalizado, incluyendo análisis por cadenas de hidrocarburos para caracterizar adecuadamente el riesgo y peligro ambiental junto con una identificación del área afectada y su posible impacto en la actividad agrícola.

Se observa que la legislación aplicable es poco precisa para la actividad agrícola en cuanto a hidrocarburos en suelos por lo que parece recomendable profundizar un análisis exhaustivo de las regulaciones comparando con los parámetros internacionales dado que en este artículo es primera exploración de muestreo local y revisión preliminar de la regulación.

A poco más de 10 años del comienzo de la actividad de fracking se evidencian suelos con carga contaminante de HTP residual en donde actualmente no hay tarea de remediación activa para controlar o mejorar la situación reportada.

REFERENCIAS

- Alemán-Contreras, U. A., Reyes-Hernández, H., Van 't Hooft, A., & Santacruz-De León, G. (2022). Riesgos de la fractura hidráulica: Casos de las cuencas de Burgos, México y Neuquina, Argentina. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 87. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2022873737>
- Cifuentes, O., & Labollita, H. (1996). *Propuesta de niveles guías de calidad para las cuencas de los Ríos Limay, Neuquen y Negro*. <http://www.aic.gov.ar/sitio/archivos/201508/propuesta%20de%20niveles%20gu%C3%ADa%201996.pdf>
- Dumitru, M., & Vladimirescu, A. (2017). Loads Limits Values of Soils with Petroleum Hydrocarbons. *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 12351.
- García, S. I. (2015). La necesaria evaluación de impacto en salud de la explotación de gas de esquisto. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 49(1), 105-125.
- Mendía, J. M., & Gonzalez, A. (2016). Estimación preliminar del riesgo en suelos afectados por hidrocarburos de petróleo. *I Jornadas Internacional y III Nacional de Ambiente*. <https://drive.google.com/file/d/1JhsDvob64zF44iaTzmlhP0E6mkTKDf6x/view>
- Mendía, J. M., & Roca, J. C. (2012). Contaminación hidrocarburífera del suelo en zonas urbanas de la Ciudad de Neuquén. *I Jornada Nacional de Ambiente. Problemas ambientales en el ámbito rural y urbano. Ámbito Urbano*, 740-750.
- Mendía, J. M., Roca, J. C., & Gonzalez, D. A. (2018). Caracterización del Riesgo Ambiental por la actividad Hidrocarburífera Neuquen_Final (1). *II Jornadas Internacionales de Ambiente y IV Jornadas Nacionales de Ambiente 2018*. https://docs.wixstatic.com/ugd/f91da5_4062c84206aa4d1d994f14e1e2c41182.pdf
- Michelsen, T. C., & Boyce, C. P. (1993). Cleanup Standards for Petroleum Hydrocarbons. Part 1. Review of Methods and Recent Developments. *Journal of Soil Contamination*, 2(2), 109-124. <https://doi.org/10.1080/15320389309383432>
- 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*, 1(1), 17-21. https://revela.uncoma.edu.ar/index.php/boletin_electronico_FCA/article/view/4990