

La vorágine de la vida actual hace que la necesidad de utilizar hidrocarburos crezca día a día. Como toda industria, la extractiva de hidrocarburos impacta con residuos y contaminaciones accidentales, principalmente por problemas relacionados con la corrosión de los materiales utilizados, y por otras diferentes circunstancias. A esto también contribuye el cambio de legislación, que actualmente ya prohíbe muchas veces lo que en el pasado, en el que no existía globalmente lo que hoy llamamos conciencia ecológica, estaba permitido, como es el caso de las piletas. Esto lleva a

en la actualidad se ha abandonado porque la remoción de pasivos utilizando elementos, como retroexcavadoras, para tomar las porciones más grandes de hidrocarburos solidificados, produciría destrucción de la vegetación del lugar, lo cual también en definitiva era agresivo con el medio ambiente.

La capa de suelo rico en materia orgánica es pequeña y, en algunos lugares, incluso casi inexistente, por lo que surge el dilema ¿qué genera mayor impacto: dejar el hidrocarburo antiguo o removerlo y dañar el hábitat que ya se ha establecido y adaptado a esta situación?

Este interrogante es válido siempre y cuando el residuo contaminante no contenga hidrocarburos considerados peligrosos para el componente biótico del ecosistema, y que el sitio se encuentre en zonas alejadas de las poblaciones, ya que el impacto visual causa desconfianza en las personas.

Y para poder definir de qué tipo de pasivos estamos hablando, este artículo se propone caracterizar los pasivos ambientales provenientes de derrames de hidrocarburos antiguos que sufrieron un proceso de atenuación natural no controlada o supervisada, y que a la vista se observan como bloques de hidrocarburo asfaltizado.

El curso natural de la remediación

En la cuenca del Golfo San Jorge los antiguos hidrocarburos fueron degradados por las condiciones climáticas y biota de la zona, muchos de ellos quedaron en sitios aislados que ya fueron colonizados nuevamente por la vegetación del lugar. En este trabajo se busca caracterizarlos, haciendo foco en tres de ellos.

Por **Graciela Natalia Pucci,**
Adrián Javier Acuña
y **Oscar Héctor Pucci**

que, después de un siglo de extracción de hidrocarburos, la provincia de Chubut tenga hoy un número importante de sitios con una contaminación de hidrocarburos antigua, sobre todo en la zona sur de la provincia, tanto en el ejido urbano como en sitios alejados de toda población. A esta situación planteada, se le suma que la vegetación presente en la meseta patagónica se caracteriza por ser escasa y de lento desarrollo.

Antiguamente, se utilizaron remociones mecánicas, si bien esta práctica

Química de las muestras

Para el propósito de este estudio, se tomaron muestras de tres pasivos ambientales en sitios cercanos a la ciudad de Comodoro Rivadavia, Chubut, los cuales se correspondían con locaciones de pozos cerrados. Las muestras que se colectaron fueron bloques de hidrocarburo asfaltizado, así como muestras del suelo próximo a estos bloques.

Estas muestras se rotularon con los números 1, 2 y 3 para diferenciar las locaciones entre sí, seguido de la letra A o S para distinguir si se trató de los bloques de hidrocarburo asfaltizado o del suelo, respectivamente. Con el fin de poder realizar comparaciones, también fueron colectadas muestras del asfalto de la Ruta Nacional N° 3 (RN3). A las muestras se les realizó análisis de hidrocarburos por cromatografía gaseosa, utilizando el método EPA 8015D.

Las determinaciones realizadas por cromatografía gaseosa de las muestras



de los sitios y del pavimento asfáltico de la Ruta Nacional N° 3 se observan en la tabla 1. Se puede ver allí que los hidrocarburos detectados en las muestras A, son origen de restos de petróleo que han sufrido un proceso de envejecimiento con atenuación natural, reduciendo su contenido de hidrocarburos.

Los hidrocarburos livianos que son sumamente volátiles, como benceno, tolueno y xilenos (BTX), no se hallaron presentes. No fueron detectados hidrocarburos n-alcanos C7, C8, C9 y C30, mientras que los hidrocarburos poliaromáticos (PAH) no detectados fueron 2-metilnaftaleno, 1-metilnaftaleno, acenaftileno, acenaftaleno, fluoreno, benzo(b) fluorantreno, benzo(k)fluorantreno y benzo(a)pireno (tabla 2).

De los tres sitios estudiados, solo el sitio 1A presenta valores que podrían disminuir con la aplicación de un proceso de biorremediación. Sin embargo, estos valores no fueron encontrados en la muestra 1S, por lo que no hay migración del hidrocarburo asfaltizado al suelo aledaño. Los otros dos sitios presentan valores muy bajos de los hidrocarburos determinados por cromatografía gaseosa.

Los hidrocarburos PAH también se hallan presentes en las muestras 2A y 3A, si bien hay que resaltar que estos

	RN3	1 A	2ª	3A	1S	2S	3S
n-C10	0,00	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-C11	0,00	6,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-C12	0,00	5,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-C13	0,83	6,53	0,00	0,00	0,00	1,27	0,00
n-C14	1,67	8,07	0,00	0,14	0,00	2,27	2,43
n-C15	2,00	10,84	0,00	0,13	0,00	3,58	0,00
n-C16	5,49	24,13	0,15	0,39	1,92	8,36	0,00
n-C17	18,39	85,85	0,32	0,44	4,27	22,00	0,00
n-C18	6,74	62,88	0,34	0,46	4,46	19,13	0,00
n-C19	5,85	245,67	0,34	0,43	4,24	22,47	0,00
n-C20	3,56	794,55	0,27	0,39	3,06	16,08	0,00
n-C21	2,73	468,37	0,31	0,24	1,61	12,49	0,00
n-C22	2,20	694,42	0,25	0,37	0,00	50,14	0,00
n-C23	0,00	574,17	0,23	1,13	61,81	25,14	5,24
n-C24	2,97	762,21	0,51	4,60	18,26	52,03	20,05
n-C25	3,71	0,00	0,28	2,27	13,09	16,60	14,88
n-C26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	2,77
n-C27	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75	6,00	4,60
n-C28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,65	0,00
n-C29	0,00	0,00	0,00	0,00	8,95	0,00	29,14
n-C18/Fitano	0,96	0,28	0,77	0,94	0,74	0,78	-

Tabla 1. Hidrocarburos alifáticos de las muestras de petróleo asfaltizado (a) y del suelo realizados por GC EPA 8015D.

	RN3	1A	2A	3ª	1S	2S	3S
Naftaleno	0,00	5,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenantreno	5,28	13,44	0,00	0,00	0,00	14,07	0,00
Antraceno	0,00	14,27	0,00	0,00	0,00	10,47	0,00
Fluorantreno	0,00	15,24	0,00	0,00	11,88	0,00	55,76
Pireno	0,00	1,79	0,00	0,00	0,00	1,47	0,00
Benzo(a)antraceno	0,00	31,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Criseno	6,15	0,00	1,12	1,08	10,51	24,58	4,41

Tabla 2. Hidrocarburos poliaromáticos realizados por GC EPA 8015D.



hidrocarburos no contienen benceno ni benzo(a)pireno, dos de los hidrocarburos que se asocian con efectos cancerígenos. Cabe destacar que el índice n-C18/fitano para las muestras estudiadas refleja el estado de degradación que poseen las mismas.

Por sus características, los hidrocarburos presentes en las muestras A y S, no presentan ningún riesgo de infiltración ni movilidad; el principal motivo de esto es que el residuo contaminante se encuentra totalmente

asfaltizado.

Las características fisicoquímicas de los hidrocarburos presentes en las muestras analizadas, de acuerdo a lo propuesto por *Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group (TPHCWG)*, según el cual puede observarse que los valores de difusibilidad en suelo, agua y atmósfera, así como la solubilidad en agua, son muy bajos y por tanto es poco probable la formación de lixiviados a partir de estos compuestos.

	Solubilidad en agua a 20-25°C (mg/L)	Presión de vapor VP (atm)
C10-C12	5,30E-02	7,20E-04
C12-C16	3,50E-04	3,90E-05
C16-C35	1,50E-06	1,10E-06
Naftaleno	31	3,63E-04
Fenantreno	1,1	1,12E-06
Antraceno	0,045	7,68E-07
Fluorantreno	0,26	8,61E-08
Pireno	0,132	1,17E-07
Benzo(a)antraceno	0,011	5,98E-09
Criseno	0,0015	1,06E-09

Tabla 3. Valores de solubilidad en agua y presión de vapor de los hidrocarburos encontrados en las muestras según *Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group (TPHCWG)*.

Carbono equivalente	RfD (mg/kg/d)	Ffc (mg/m³)	Efecto
Fracción de alifáticos			
>5-6 y >6-8	5.0	18.4	Nefrotocidad, hepatotoxicidad (neurotoxicidad si >53%)
>8-10, >10-12 y >12-16	0.1	1.0	Cambios hepáticos y hematológicos
>16-35	2.0	NA	Hepáticos
Fracción aromática			
>5-7 (benceno)	0,002	0,009	Cancerígeno
>7-8 (tolueno)	0.2	0.4	Hepatotóxico, Nefrotóxico
>8-10, >10-12 y >12-16	0.04	0.2	Disminución del peso corporal
>16-21 y >21-35	0.03c	NA	Nefrotóxico

ND: no disponible, Rfd: dosis oral, Rfc: dosis respiratoria.

Tabla 4. Criterios toxicológicos del TPHWG para las fracciones de petróleo tomado de *Total petroleum hydrocarbon criteria working group series Vol 5*.

De los tres sitios estudiados, solo uno (1A) presentó valores que todavía pueden sufrir algún tipo de degradación. Sin embargo, la suma total de hidrocarburos en esta muestra fue de 0,37%, valor muy bajo respecto del 1% establecido por el decreto 1456/11 de la provincia de Chubut como para enmarcarlo como residuo petrolero.

Toxicidad y medio ambiente

El peligro de la presencia de hidrocarburos en el medio ambiente está relacionada con factores como la solubilidad y la presión de vapor de los mismos (ATSDR, 2005). Los hidrocarburos que se encuentran presentes en estos pasivos ambientales poseen una baja solubilidad y baja presión de vapor (tabla 3). Como son pasivos ambientales muy antiguos, la fase liviana no se encuentra, por lo que el peligro de explosividad no existe y los problemas del tipo inhalatorios no serían serios. Dado los parámetros antes mencionados, y que el residuo se encuentra en forma sólida, la manera de introducción de estos compuestos es principalmente oral, pero los mismos no poseen una forma atractiva o gustosa para la ingestión, y la toxicología habla de consumos diarios por semana para producir algún tipo de daño y de una solo ingesta accidental (tabla 4) (NTP, 2005).

Conclusiones

En suma, los pasivos ambientales antiguos presentan un riesgo de tipo ecológico, esté o no relacionado con la flora y la fauna. Como se puede apreciar en las fotos, todos los lugares poseen una flora que se está desarrollando, y ya se encuentran rodeados de plantas de tamaños importantes para la flora patagónica demostrando que, con el tiempo, la flora tuvo la capacidad de volver a desarrollarse en estos sitios (fotos).

El otro riesgo relacionado con estos pasivos ambientales es de tipo toxicológico para la población humana, pero como se puede observar en las tablas 1 y 2, en donde se encuentran los hidrocarburos determinados, no hay hidrocarburos que presenten en la bibliografía actual problemas de salud por ingestión ni por contacto, a lo

sumo el mayor riesgo se halla en que los hidrocarburos pasen al agua subterránea y que de esta forma entren al circuito de agua potable de la ciudad.

Por ello, es importante la ausencia del benceno, cuya solubilidad en agua es de 1750 mg/L, que si es arrastrado por acción de las lluvias a los cauces de agua subterránea, aunque las aguas contaminadas con hidrocarburos presentan olor y apariencia poco agradable, puede generar problemas graves en los consumidores.

En suma, los derrames antiguos han dejado un pasivo que modificaron parcial e inicialmente el escenario paisajístico, que con el transcurrir de los años ha llegado a un nuevo equilibrio con la adaptación a la nueva situación de flora, fauna y biota microbiana. Es imposible señalar que, de modificarla, se produciría un nuevo desequilibrio que llevaría años equilibrar.

En la meseta patagónica, retomar el equilibrio ecológico lleva mucho tiempo, y el riesgo de producir una superficie de suelo desnudo, expuesto a erosión eólica, cuando se extraen estos elementos, puede ser considerado de importancia. Es que cuando el pasivo presenta hidrocarburos peligrosos, la recolección mas cuidadosa sería por trabajos por cuadrillas y no con maquinaria pesada para cuidar la vegetación.

Pero para el resto de los pasivos, como en los sitios 2 y 3, se abre el dilema acerca de si hay que extraer, y producimos un daño mayor al ecosistema, o dejar que el equilibrio siga haciendo su camino resiliente de forma natural.



Bibliografía

- Kanally, R.A., Harayama, S. (2000). *Biodegradation of high-molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons by bacteria*. Journal of Bacteriology 182, 2059–2067.
- ATSDR (2005). *Toxicology profile for polyaromatic hydrocarbons*. ATSDR's Toxicological Profiles on CD-ROM, CRC Press, Boca Raton, FL.
- National Toxicology Program (NTP) (2005). *Report on Carcinogens*, eleventh ed. Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Washington, DC.

Nota de la Redacción: se solicitó incluir la letra de la ley que regula el tratamiento de estos pasivos, pero los autores explican que no se tiene

conocimiento de una ley específica en la provincia de Chubut que indique o regule el tratamiento de pasivos. ■

Graciela Natalia Pucci es bioquímica egresada de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco y Doctora de la misma casa de estudios, donde actualmente se desempeña como docente.

Adrián Javier Acuña es bioquímico por la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco y Doctor de la misma casa de estudios; actualmente se desempeña como docente en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Cruz.

Héctor Pucci es licenciado en bioquímica por la Universidad Nacional del Sur y Doctorado en la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como Director del Centro de Estudios e Investigación en Microbiología Aplicada y como docente de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.