

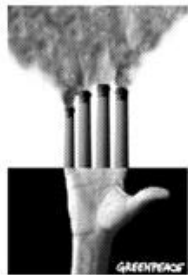
Contaminantes orgánicos y metales pesados en sedimentos y muestras de agua asociados con el Polo Petroquímico de Ensenada-Berisso, Argentina, 2000

INFORME

Información científica: Labunska, I., Brigden, K. & Stringer, R.
Laboratorios de Investigación de Greenpeace, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido.

Contexto y antecedentes: Greenpeace Argentina
Diciembre 2000

GREENPEACE



CONTENIDOS

- 1 Introducción
- 2 Programa de Muestreo
 - 2.1 Procedimientos Generales de Muestreo
 - 2.2 Descripción de las Muestras
- 3 Discusión de Resultados
- 4 Conclusiones
- 5 Referencias



1 INTRODUCCION

La refinería de Repsol YPF ubicada en Ensenada, provincia de Buenos Aires, está dentro del área conocida como Polo Petroquímico de Ensenada-Berisso. Se sabe que los canales Este y Oeste, que rodean la refinería, reciben desechos industriales de esta empresa y tal vez de otras de la zona. El canal Oeste desemboca en el Río Snatiago y éste a su vez en el Río de la Plata. El canal Este, desemboca en el Gran Dock del Puerto de La Plata, que también se vincula con el Río Santiago. Greenpeace tomó muestras de agua y sedimentos de ambos canales en 1998. El análisis de estas muestras reflejó una extensa contaminación por una gama de contaminantes orgánicos (principalmente relacionados con el petróleo) y metales pesados. El estudio se repitió en junio de 2000, y los resultados se vierten en este informe.

2 PROGRAMA DE MUESTREO

En junio de 2000, Greenpeace volvió a visitar este sitio y tomó seis muestras en el Polo Petroquímico donde está la refinería de Repsol YPF de Ensenada. Las muestras incluían tres de sedimentos y tres de agua provenientes de los Canales Oeste y Este que rodean la planta.

2.1 Procedimientos Generales de Muestreo

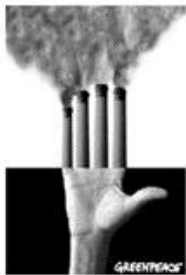
Todas las muestras fueron tomadas y almacenadas en botellas de vidrio prelavadas que fueron enjuagadas completamente con ácido nítrico y pentano grado analítico para remover todos los metales pesados y residuos orgánicos. Las muestras de sedimento se tomaron en botellas de 100 ml, y las muestras de agua fueron colectadas en botellas de un litro. Todas las muestras fueron selladas y refrigeradas inmediatamente después de la recolección y enviadas de regreso a los Laboratorios de Investigación de Greenpeace para su análisis.

2.2 Descripción de las Muestras

La descripción de las muestras se presenta en la Tabla 1.

Código de Muestra	Tipo de Muestra	Descripción de la Muestra
AM0015	Sedimento	Canal Oeste, 300 metros río arriba del Río Santiago
AM0016	Agua del Canal	
AM0017	Sedimento	Canal Oeste, en el Polo Petroquímico, frente a YPF
AM0018	Agua del Canal	
AM0019	Sedimento	Canal Este, dentro del Polo Petroquímico.
AM0020	Agua del Canal	

Tabla 1. Descripción de las muestras colectadas en junio 2000



3 RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis orgánico de *screening* y del análisis de metales pesados en las muestras de sedimentos y agua se presentan en la Tabla 2, incluyendo un desglose de los grupos de compuestos orgánicos identificados con certeza superior al 90%.

Contaminantes orgánicos

Varios compuestos orgánicos fueron aislados en las tres muestras de sedimentos: AM0015 y AM0017 provenientes del Canal Oeste, y AM0019 proveniente del Canal Este. La mayoría de los compuestos orgánicos identificados en estas muestras eran hidrocarburos derivados del petróleo. Incluían representantes del grupo de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), incluyendo el naftaleno, el antraceno, el fenantreno, el pireno, el fluoreno, el benzo[a]antraceno, el criseno, el benzo[a]pireno y también los derivados alquilados de estos HAPs. Los hidrocarburos alifáticos, los alquil bencenos, los dibenzotiofenos y el bifenilo, que fueron detectados en estas muestras de sedimentos, son también indicativos de contaminación por petróleo. En el estudio previo también se habían detectado compuestos orgánicos similares, pero menos (Stephenson & Labunska 1998).

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Los HAPs son un grupo de compuestos presentes en el petróleo (Overton 1994), y se consideran los más tóxicos de los hidrocarburos junto con los monoaromáticos. Una vez que los HAPs son liberados al ambiente acuático, la degradación a través de microorganismos es a menudo lenta, lo que conduce a su acumulación en los sedimentos, suelos, plantas acuáticas y terrestres, peces e invertebrados expuestos (ATSDR 1997). Los HAPs pueden afectar la salud humana; los individuos expuestos a mezclas de estos compuestos a través de la inhalación o el contacto dérmico por periodos prolongados, han desarrollado cáncer (ATSDR 1997).

Alquil Bencenos

Los alquilbencenos son altamente resistentes a la degradación y pueden acumularse en los sedimentos (Preston y Raimundo 1993). En términos de toxicidad, la exposición aguda puede causar depresión del Sistema Nervioso Central, siendo las alteraciones del habla y de los tiempos de reacción los efectos más comunes (Klaassen et al 1996). Todos los alquilbencenos pueden causar irritación de ojos y membranas mucosas y quemaduras de la piel, a altas concentraciones. Todos son narcóticos a altas concentraciones (Budavari et al 1989).

Metales pesados



Los niveles de metales pesados en las muestras de sedimento AM0015, AM0017 y AM0019 fueron, en general, similares a los de las muestras de 1998. En la muestra AM0015 los niveles de zinc, mercurio y cobre estaban por encima de los niveles ambientales encontrados en sedimentos limpios. En la muestra AM0017, los niveles de zinc, cobre y mercurio fueron elevados, y en la muestra AM0019 el cobre, el plomo, el mercurio y el zinc también estaban por encima de los niveles ambientales.

Plomo

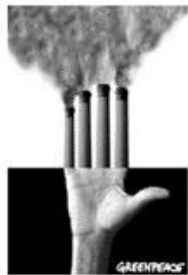
Las concentraciones de Pb halladas en sedimentos no contaminados van aproximadamente de <10 mg/kg a 50 mg/kg (Salomons y Forstner 1984, Bryan y Langston 1992, Licheng y Kezhun 1992, Goncalves et al. 1992).

En la Argentina, se hallaron niveles que van de 30 mg/kg a 70 mg/kg en el Río de la Plata, Buenos Aires (Verrengia-Guerrero y Kesten 1993). En este estudio se llegaron a encontrar niveles de 236 mg/kg, en una muestra del Canal Este.

Pese a que el Pb no se considera uno de los metales más móviles en el medio ambiente, a menudo unido fuertemente a las partículas en suspensión y a los sedimentos (Berg et al. 1995, Hapke 1991), hay evidencias considerables de que el Pb de los sedimentos se encuentra disponible para las especies que se alimentan en ellos (Bryan y Langston 1992).

En suelos y sedimentos, el destino del plomo se ve afectado por procesos similares que a menudo llevan a la formación de complejos metálicos orgánicos relativamente estables. La mayor parte del plomo queda retenido y muy poco se transporta a las aguas superficiales o subterráneas. Sin embargo, es posible que se produzca un reingreso a las aguas superficiales como resultado de la erosión de partículas de suelo con contenido de plomo o mediante la conversión en sulfato de plomo, forma relativamente soluble, en la superficie del suelo o sedimento (ATSDR 1997, Sadiq 1992, Alloway 1990). Asimismo, el plomo puede descender por lixiviación del suelo a las aguas subterráneas (ATSDR 1997).

En cuanto a la salud humana, los efectos del Pb son los mismos así se lo inhale o se lo ingiera (ATSDR 1997). El plomo es uno de los metales tóxicos más ubicuos. No cumple ninguna función nutritiva, bioquímica ni fisiológica. En dosis extremadamente bajas, el Pb puede provocar lesiones irreversibles en el sistema nervioso central y reducir la inteligencia (Needleman et al. 1990, ATSDR 1997). Si los niveles de exposición son mayores, puede provocar anemia, así como también lesiones renales graves (ATSDR 1997). Los niños tienen una susceptibilidad especial con respecto a la intoxicación por plomo debido a que absorben y retienen más Pb en relación a su peso que los adultos (ATSDR 1997). Actualmente se plantea una recomendación según la cual no habría ningún nivel de plomo en sangre que no produzca efectos tóxicos, en especial en el sistema nervioso central en desarrollo (ATSDR 1997, Goyer 1993).



El plomo está incluido en la lista de sustancias peligrosas prioritarias acordada por la Tercera Conferencia del Mar del Norte, y confirmada en la Cuarta Conferencia, llevada a cabo en 1995 en Esbjerg, Dinamarca (MINDEC 1995), donde se acordó que las concentraciones ambientales de las sustancias peligrosas deben ser reducidas a niveles cercanos a las concentraciones naturales en un plazo de 25 años. Se trata de un objetivo destacado nuevamente en la Declaración de Sintra en la Reunión Ministerial de la Comisión de OSPAR de 1998 (OSPAR 1998a). El plomo y sus compuestos orgánicos fueron clasificados como objetos de acción prioritaria y, por lo tanto, incluidos en el Anexo 2 de la Estrategia de OSPAR para las Sustancias Peligrosas (OSPAR 1998b).

Mercurio

Las concentraciones de Hg correspondientes a sedimentos no contaminados son sumamente bajas, y sus niveles van de 0,03 mg/kg a 0,2 mg/kg (Bryan y Langston 1992, Salomons y Forstner 1984, Licheng y Kezhun 1992). Las concentraciones elevadas de Hg en sistemas de agua dulce se deben principalmente a las descargas antropogénicas de Hg inorgánico.

El mercurio tampoco es un metal traza y no tiene ninguna función bioquímica ni nutritiva. Los mecanismos biológicos para su eliminación son deficientes, y por eso, según lo que se sabe hasta el momento, el Hg es el único metal que se biomagnifica (es decir, se acumula progresivamente) a lo largo de la cadena alimentaria (WHO 1989, ICME 1995). En bajas concentraciones, es sumamente tóxico tanto para animales como para plantas; en consecuencia, cualquier aumento por sobre los niveles de referencia podría tener efectos perjudiciales sobre cualquier organismo expuesto (ATSDR 1997).

Desde el episodio de Minamata, la implementación de normas generalizadas sobre la eliminación de Hg ha reducido considerablemente la amenaza de incidentes similares. Sin embargo, la retención de Hg en los sedimentos bentónicos puede retrasar muchos años la eliminación de la contaminación. Así, por ejemplo, concentraciones elevadas todavía se encontraban presentes en los sedimentos de determinadas zonas de la bahía de Minamata, diez años después de que cesaron las descargas (Bryan y Langston 1991, Tsubaki e Irukayama 1977).

La acumulación de mercurio desde los sedimentos puede ser una vía predominante de absorción en el caso de los organismos acuáticos, y es responsable de concentraciones relativamente altas en animales que se alimentan en los sedimentos tanto en sistemas estuarinos como de agua dulce (Bryan y Langston 1992, Kiorboe et al. 1983).

Aunque hay evidencias que vinculan los niveles de Hg total en el medio ambiente con los presentes en predadores superiores como los peces, el eje de la preocupación es la acumulación de metil mercurio (MeHg). El mercurio inorgánico puede ser metilado por microorganismos naturales del suelo, los sedimentos, el agua dulce y salada; y en este



proceso intervienen diversas poblaciones microbianas en condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas (ATSDR 1997). Se acepta ampliamente que las formas orgánicas de Hg son incluso más tóxicas que las inorgánicas.

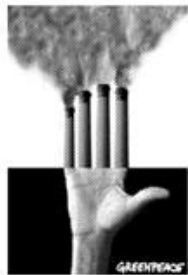
La forma orgánica más común del mercurio es el MeHg. Posee una alta solubilidad en lípidos y por eso atraviesa fácilmente las membranas celulares, ingresando con rapidez en la cadena alimentaria acuática. También tiene una vida media biológica elevada, y debido al aumento en la longevidad de los predadores superiores en relación con estas otras propiedades observadas, brinda uno de los raros ejemplos de biomagnificación de metales en cadenas alimentarias. Es esta bioacumulación la fuente más importante de exposición humana no laboral al compuesto (EPA 1984, ATSDR 1997). Como ya se ha mencionado, el Hg es un metal sumamente tóxico, es persistente y se bioacumula. Cualquier tipo de exposición de largo plazo provoca alteraciones graves en el funcionamiento normal de cualquier órgano que lo acumule (Nriagu 1988), como el riñón, el hígado y el sistema nervioso central. La exposición a niveles suficientemente altos de Hg metálico, orgánico o inorgánico, puede provocar lesiones permanentes en estos órganos (ATSDR 1997).

Por último, el mercurio está incluido en la lista de sustancias peligrosas prioritarias acordada por la Tercera Conferencia del Mar del Norte (MINDEC 1990), Anexo 1A a la Declaración de la Haya, y confirmada en la Cuarta Conferencia, llevada a cabo en 1995 en Esbjerg, Dinamarca (MINDEC 1995), donde se acordó que las concentraciones ambientales de sustancias peligrosas deben ser reducidas a niveles cercanos a las concentraciones naturales en un plazo de 25 años. Se trata de un objetivo reforzado en la Declaración de Sintra, en la Reunión Ministerial de la Comisión de OSPAR de 1998 (OSPAR 1998a). El mercurio ha sido clasificado como objeto de acción prioritaria y, como tal, está incluido en el Anexo 2 de la Estrategia de OSPAR para las Sustancias Peligrosas (OSPAR 1998b).

Zinc

En el suelo, el zinc permanece fuertemente adsorbido, y en el ambiente acuático se asocia principalmente con materia en suspensión antes de acumularse finalmente en el sedimento (ATSDR 1997, Bryan and Langston 1992, Alloway 1990). Sin embargo, la resolubilización a una fase acuosa, más biodisponible, es posible bajo ciertas condiciones físico-químicas.

El zinc es un elemento esencial, presente en los tejidos de animales y plantas incluso a concentraciones ambientales normales. Sin embargo, si las plantas y animales se exponen a altas concentraciones biodisponibles de zinc, una bioacumulación significativa puede resultar, con posibles efectos tóxicos (ATSDR 1997). Una excesiva exposición, tanto en humanos como en animales, puede provocar agotamiento gastrointestinal y diarrea, daño pancreático y anemia (ATSDR 1997, Klaassen 1996).



Estudios acuáticos han mostrado que ya que el zinc no es considerado como especialmente tóxico a los organismos, varias veces se libera en el ambiente acuático en cantidades apreciables. Y en cantidades apreciables, el zinc puede tener un efecto dañino directo en la membrana celular externa o paredes celulares de los organismos, resultando en una rápida mortandad (UNEP 1993). Sin embargo, varios estudios reportan ahora que el zinc no sólo es dañino en altas concentraciones, sino que también en concentraciones subletales más bajas, especialmente después de una exposición prolongada.

Los estudios en plantas han mostrado que aunque sea un elemento esencial para las plantas superiores, en altas concentraciones el zinc puede ser considerado como fitotóxico, afectando directamente la producción de cultivos y la fertilidad del suelo.

Cobre

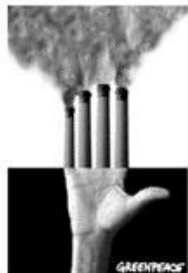
En el suelo, el cobre tiene una alta afinidad por sustancias orgánicas e inorgánicas. Sin embargo, también puede existir como iones solubles y complejados. El cobre en forma soluble está mucho más biodisponible y es más propenso a migrar en el ambiente, que si se encuentra asociado a materia orgánica y presente como precipitado insoluble.

El cobre es uno de los elementos más importantes para plantas y animales. Sin embargo, si las plantas y animales son expuestas a concentraciones elevadas de cobre biodisponible, puede ocurrir bioacumulación, con posibles efectos tóxicos (ATSDR 1997).

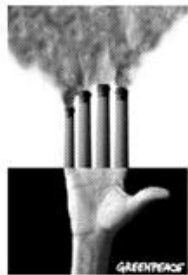
En seres humanos, después de un envenenamiento agudo con cobre pueden presentarse vómito, hipotensión, ictericia, coma y hasta la muerte (ATSDR 1997). Por lo tanto, aunque el cobre sea esencial para la buena salud, una sola dosis grande o la exposición a largo plazo pueden ser dañinas. Después de la exposición a altos niveles de cobre, en los animales también se ha observado daño en el desarrollo y la reproducción. Sin embargo, tales efectos no han sido reportados en humanos (ATSDR 1997).

La toxicidad acuática al cobre involucra reducciones en la supervivencia, crecimiento y fertilidad de ciertos invertebrados (Conradi and DePledge 1998, UNEP 1993), y sensibilidad embrionaria en peces expuestos a niveles de 25 ug/l (UNEP 1993, Mance et al. 1984).

Número de Muestra	AM0015	AM0016	AM0017	AM0018	AM0019	AM0020
Tipo de Muestra	Sedimento	Agua de Canal	Sedimento	Agua de Canal	Sedimento	Agua de Canal
Descripción de la Muestra	Canal Oeste, a	Canal Oeste, a	Canal Oeste	Canal Oeste,	Canal Este	Canal Este



	300 metros del Río Santiago	300 metros del Río Santiago	frente a YPF, dentro del complejo	frente a YPF, dentro del complejo	dentro del complejo Frente a YPF	dentro del complejo frente a YPF
Metales	mg/kg dw	ug/l	mg/kg dw	ug/l	mg/kg dw	ug/l
Cadmio (Cd)	<2	<20	<2	<20	<2	<20
Cromo (Cr)	61	<20	32	<20	26	<20
Cobalto (Co)	115	<20	90	<20	7	<20
Cobre (Cu)	92	<20	97	<20	143	<20
Plomo (Pb)	38	<30	54	33	236	<30
Manganeso (Mn)	548	89	514	733	389	<10
Mercurio (Hg)	0,69	<1	1,45	4,3	1,91	<1
Níquel (Ni)	39	<20	51	<20	18	<20
Zinc (Zn)	309	<10	254	<10	626	<10
No. de compuestos orgánicos aislados	127	13	102	42	161	6
No. de compuestos orgánicos identificados con certeza superior al 90%	41(32%)	1(8%)	20(20%)	24(57%)	27(17%)	3(50%)
COMPUESTOS ORGANOHALOGENADOS						
Beta-hexaclorociclohexano (HCH)						*
Benceno, 1,4-dicloro-		*				*
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICICLICOS (HAP)						
Naftaleno y/o sus derivados	✓(11)		✓(6)	✓(2)	✓(9)	
Antraceno y/o sus derivados	✓(2)		✓(3)		✓(3)	
Fenantreno y/o sus derivados	✓(6)		✓(4)		✓(5)	
Pireno y/o sus derivados	✓(3)			✓		
9H-Fluoreno y/o sus derivados	✓		✓		✓	
Benz[a]antraceno y/o sus derivados	✓(3)					
Benz[a]pireno y/o sus derivados	✓					
Criseno y/o sus derivados	✓					
COMPUESTOS ORGANICOS DE AZUFRE						
Derivados de Dibenzotiofeno	✓					
Benceno, (metiltio)-				✓		
Tolueno, (metiltio)-				✓(2)		
COMPUESTOS FENÓLICOS						
Hidroxitolueno Butilado (BHT)						✓
OTROS COMPUESTOS AROMÁTICOS						



Alquil Bencenos	✓(2)			✓(5)	✓	
Indeno y/o sus derivados	✓(2)		✓		✓(2)	
Bifenilo y/o sus derivados	✓					
HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS						
Lineales	✓(4)		✓(5)	✓(13)	✓(5)	
Cíclicos	✓(3)				✓(2)	

*Tabla 2. Compuestos orgánicos y metales pesados identificados en las muestras asociadas con el complejo petroquímico de RepsolYPF, Ensenada, Argentina, 2000. Para los grupos de compuestos orgánicos identificados con certeza superior al 90%: ✓(#) significa los compuestos identificados utilizando el método general de screening con GC/MS, con la cantidad de compuestos identificados dado en el paréntesis para los grupos con más de un compuesto; * significa los compuestos detectados sólo a niveles "traza" utilizando un método de monitoreo selectivo de iones (SIM). Las concentraciones de metales se dan en mg/kg peso seco para las muestras sólidas y ug/l para las muestras líquidas.*

En comparación con las muestras de sedimentos, se aislaron menos compuestos orgánicos de las muestras de agua provenientes de los canales AM0016 y AM0018 (Canal Oeste) y AM0020 (Canal Este). Esto puede deberse a que el patrón del agua, por sus fluctuaciones en emisión y flujo, no se define con tanta precisión (Bryan y Langston 1992). El análisis de los sedimentos, por su parte, brinda un excelente panorama del grado de contaminación dentro de un área determinada. También puede ser debido a la limitada solubilidad de los componentes oleosos en el agua. Sin embargo, la muestra de agua AM0018 proveniente del Canal Oeste contenía varios HAPs (naftaleno y derivados de pireno), compuestos orgánicos de azufre (metiltiobenceno y metiltiotolueno), alquil bencenos e hidrocarburos alifáticos. Todos estos compuestos son componentes del petróleo. Además, se detectaron dos compuestos organoclorados, aunque sólo a niveles "traza": 1,4-diclorobenceno (muestras AM0016 y AM0020) y el isómero beta del hexaclorociclohexano (HCH) (muestra AM0020).

El 1,4-diclorobenceno es un contaminante ambiental bastante común, principalmente debido a su uso como desodorante para habitaciones y en bloques de desodorante para inodoros (ATSDR 1997). El 1,4-diclorobenceno es una sustancia altamente volátil que se sublima a temperatura ambiente y la mayoría de sus liberaciones son a la atmósfera. Sin embargo, este compuesto puede adherirse al suelo o los sedimentos y la adsorción a las partículas del suelo puede inhibir la volatilización en una cantidad de un orden de magnitud mayor que la volatilización desde el agua (ASTDR 1997). Consecuentemente la fuente del 1,4-diclorobenceno en las muestras AM0016 y AM0020 no puede ser atribuida con certeza.



La presencia de cantidades traza de beta-HCH en este sitio puede deberse al uso del HCH técnico como insecticida en el pasado, ya que el HCH puede persistir por muchos años en el ambiente (Martijn *et al.* 1993) y el isómero beta es el más persistente de este grupo de compuestos (ATSDR 1997).

Los niveles de metales pesados que fueron identificados en las muestras de agua AM0016, AM0018 y AM0020 fueron, en general, bajos. Sin embargo, la concentración de manganeso en la muestra AM0018 (Canal Oeste) fue cerca de 11 veces superior a la concentración natural en agua dulce (Bowen 1966) y cerca de 3 veces superior a la detectada en la misma muestra en 1998. El mercurio también se detectó en la muestra AM0018 a niveles significativamente más altos que los niveles naturales publicados (ATSDR 1997). Estos niveles ambientales son extremadamente bajos (<0,005ppb). No se detectó mercurio en las muestras de agua del estudio previo.

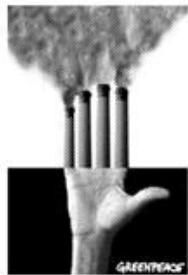
Manganeso

Desde hace tiempo se sabe que el manganeso es dañino para la salud en altas concentraciones. Sus efectos en dosis bajas son menos conocidos. Aparentemente existen tres órganos principales donde el manganeso ejerce su toxicidad: el cerebro, los pulmones y los testículos (Salomon, 1999).

4 CONCLUSIONES

El estudio actual de las muestras de agua y sedimentos provenientes de los Canales Oeste y Este que rodean la planta de Repsol YPF de Ensenada, indica que el área aún está contaminada por productos de petróleo. En las muestras de sedimentos y agua también se detectaron varios metales pesados (cobre, plomo, mercurio, zinc y manganeso), por encima de los niveles ambientales típicos en el agua dulce.

La planta de Repsol YPF del Polo Petroquímico Ensenada-Berisso realiza descargas de efluentes a los canales analizados. Estos canales, no sólo contaminan el Río de la Plata (ya que las barreras flotantes que los atraviesan no son totalmente eficientes para impedir el paso de la contaminación aguas abajo), sino que también, el vertido de efluentes a esos canales, agravó los casos de inundaciones de los barrios vecinos acaecidos en los últimos años (ver Expediente 1362/93, caratulado "Decilio, José O. y otros c/YPF y otros s/Daños Perjuicios", Juzgado Federal de Primera Instancia N° 4 de La Plata - Secretaría N° 12). Así mismo, existen artículos científicos que analizan la magnitud de la contaminación por hidrocarburos y metales pesados en el agua y los organismos del Río de la Plata. Obviamente, no es Repsol YPF la única responsable de la presencia de esos contaminantes en el Río, pero eso no le da derecho a seguir vertiendo contaminantes a los canales, contaminando el suelo y el agua y alterando la calidad de vida de las personas que habitan en los alrededores. Lamentablemente, también los gases emitidos por esta planta de manera rutinaria o por escapes accidentales forman parte de la vida diaria de la población de los alrededores de este Polo Petroquímico.



No es éste el primer caso en el que la empresa Repsol YPF está relacionada con la contaminación. Como ejemplo, cabe recordar, que YPF era una de las empresas que en 1997 protagonizó uno de los más importantes derrames de crudo en la zona de Rincón de los Sauces, en Neuquén. Frecuentes derrames de hidrocarburos fueron deteriorando la calidad del agua del Río Colorado, afectando el suministro de agua potable y actividades agrícolas en La Pampa y Río Negro.

5 REFERENCIAS

- Alloway, B.J. (1990). Heavy metals in soils. ISBN 0-470-21598-4, Blackie and Son Ltd, Glasgow/London, UK.
- ASTDR (1997) ATSDR's toxicological Profiles on CD-ROM. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service, Publ: Lewis Publishers.
- Berg, H., Kiibus, M., and Kautsky, N. (1995). Heavy metals in tropical Lake Kariba, Zimbabwe. *Water, Air and Soil Pollution* 83, 237-252.
- Bryan, G.W. and Langston, W.J. (1992). Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom Estuaries: a review. *Environmental Pollution* 76, 89-131.
- Bowen, H.J.M. (1966) Trace Elements in Biochemistry. Academic press, London and New York.
- Budavari, S.M.J. O'Neil, A.Smith and P.E.Heckleman [Eds] (1989) The Merck index: an encyclopaedia of chemicals, drugs and biologicals. 11th Edition.. Merck and Co, Inc., New Jersey, USA
- Conradi, M. and DePledge, M.H. (1998). Population responses of the marine amphipod *Corophium volutator* (Pallas, 1766) to copper. *Aquatic Toxicology* 44: 31-45
- Klaassen, C.D. (1996) Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. 5th Edition, McGraw-Hill Companies Inc. ISBN 0-07-105476-6.
- Goncalves, E.P.R., Boaventura, R.A.R., and Mouvet, C. (1990). Sediments and aquatic mosses as pollution indicators for heavy metals in the Ave river basin, Portugal. *The Science of the Total Environment* 114, 7-24.
- Goyer, R.A. (1993). Lead toxicity: current concerns. *Environmental Health Perspectives* 100: 177-187
- Hapke, H.J. (1991). Metal accumulation in the food chain and load of feed and food. *Metals and Their Compounds in the Environment*, Merian, VCH, Weinheim, pp1438.
- I.C.M.E. (International Council on Metals and the Environment), 1995. Persistence, bioaccumulation and toxicity of metals and metal compounds. ISBN 1-895720-07-9, Paramex Inc., Washington
- Kiorboe, T., Mohlenberg, F. and Riisgard, H.V. (1983). Mercury levels in fish, invertebrates and sediment in a recently recorded polluted area. *Marine Pollution Bulletin* 14, 21-24.
- Licheng, Z. and Kezhun, Z. (1992). Background values of trace elements in the source area of the Yangtze River. *The Science of the Total Environment* 125, 391-404.
- Mance, G., Brown, V.M. and Yates, J. (1984). Proposed environmental quality standards for List II substances in water. Copper. Water Research Centre Technical Report TR210
- Martijn, A., Bakker, H. & Schreuder, R.H. (1993) Soil persistence of DDT dieldrin, and lindane over long period. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 51: 178-184
- MINDEC (1995) Ministerial Declaration of the Fourth International Conference on the Protection of the North Sea. 8-9 June 1995, Esjberg, Denmark.
- Needleman, H.L., Schell, A. and Bellinger, D. (1990). The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood. An 11 -year follow-up report. *New England Journal of Medicine* 322, 83-88.
- Nriagu, J.O. (1988). A silent epidemic of environmental metal poisoning? *Environmental Pollution* 50, 139-161.
- OSPAR (1998a). OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East



- Atlantic. Sintra Statement, Ministerial Meeting of the OSPAR Commission, Sintra 22-23 July 1998.
- OSPAR (1998b). OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North East Atlantic. OSPAR Strategy with regard to Hazardous Substances, Reference no. 1998-16, OSPAR 1998/14/1/Annex 34, Ministerial Meeting of the OSPAR Commission, Sintra 22-23 July 1998.
- Overton, E.B. (1994) Toxicity of petroleum. In: Basic Environmental Toxicology. Cockerham & Shane [Eds], Chapter 5: 133-156
- Preston, M.R. & Raymundo, C.C. (1993) The associations of linear alkyl benzenes with the bulk properties of sediments from the River Mersey estuary. *Environ. Poll.* 81: 7-13
- Sadiq, M. (1992). Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker Inc., New York, Basel, Hong Kong. ISBN 0824786475
- Salomons, W. and Forstner, U. (1984). Metals in the Hydrocycle. ISBN 3-540-12755-0, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Salomon, Gina (1999). Manganese in gasoline: Potential Public Health Effects. Apostion paper of Greater Boston PSR;Cambridge, 1999.
- Stephenson, A. & Labunska, I. (1998) Identification of organic pollutants and heavy metal contamination in samples collected from a petrochemical complex located in the district of Ensenada, Argentina, 1998. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 17/98, December 1998: 13 pp.
- Tsubaki, T. and Irukayama, K. (1977). Minimata Disease. Kodansha, Tokyo and Elsevier, Amsterdam.
- UNEP (1993). Preliminary assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by zinc, copper and their compounds and proposed measures. Mediterranean Action Plan UNEP (OCA)/MED/WG.66/Inf.3, Athens 3-7 May 1993
- Verrengia-Guerrero, N.R. and Kesten, E.M. (1993). Levels of heavy metals in biota from the La Plata River. *Environmental Toxicology and Water Quality* 8, 335-344.
- World Health Organisation (1989). Environmental Health Criteria 86. Mercury: Environmental Aspects. ISBN 92-4-154286-1.

