



# Identificación y trascendencia ambiental de contaminantes orgánicos y metales pesados asociados con la curtiembre Arlei S.A., Las Toscas, Provincia de Santa Fe, Argentina 2000

INFORME

Labunska, I., Brigden, K., Stringer, R., Johnston, P. Santillo, D. & Ashton, J.  
Laboratorios de Investigación de Greenpeace, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido.  
Diciembre de 2000  
Nota Técnica: 15/00



## CONTENIDOS

Resumen Ejecutivo

1 Introducción

2 Programa de Muestreo

2.1 Procedimientos Generales de Muestreo

2.2 Descripción de las Muestras

3 Resultados y discusión

3.1 Curtiembre Arlei S.A.

3.2 Basurero a cielo abierto de la Curtiembre Arlei S.A.

Apéndice 1 Metodología Analítica

Apéndice 2 Perfil Toxicológico para Contaminantes Clave



## RESUMEN EJECUTIVO

La curtiembre Arlei S.A. está localizada cerca de la Ruta 11, en Las Toscas, Provincia de Santa Fe. Esta curtiembre tiene una red de lagunas en las cuales se descargan los residuos líquidos. Estos efluentes, luego de pasar por las lagunas, desembocan en el Arroyo Las Toscas, un afluente del Río Paraná.

Greenpeace tomó cinco muestras en mayo y en agosto de 2000, que incluían efluentes industriales, sedimentos asociados y desechos sólidos provenientes de un sitio donde se habían depositado residuos de la curtiembre Arlei S.A.. El análisis de estas muestras para compuestos orgánicos y metales pesados mostró lo siguiente:

- **Los efluentes y lodos provenientes de las lagunas de la curtiembre Arlei S.A. contenían una alta concentración de cromo. Los contaminantes orgánicos encontrados en estas muestras fueron predominantemente hidrocarburos alifáticos (tanto lineales como cíclicos) y alquil bencenos. La muestra de efluente industrial AM0043 también contenía ésteres de ftalato, compuestos fenólicos, fenantreno y trazas de 1,4-diclorobenceno.** Ninguna de estas sustancias se detectó en la muestra de sedimento AM0013 proveniente de una de las lagunas ni en la AM0014 que contenía sedimentos en el punto de descarga al Arroyo Las Toscas. Esto puede ser debido a la variación en el tiempo de la composición de los residuos líquidos de Arlei S.A. (las muestras AM0013 y AM0014 se tomaron en mayo de 2000 y la muestra AM0043 se colectó en agosto de 2000). Sin embargo, el sedimento proveniente de la acequia del camino que va al Arroyo y corre a uno de los lados de las lagunas de la curtiembre Arlei S.A. (AM0046) sí contenía niveles altos de cromo y patrones de contaminantes orgánicos similares a los detectados en la muestra de sedimento AM0014, sugiriendo que los desechos de la curtiembre entran a esta acequia tanto por descargas directas como por entradas difusas.
- **El alto nivel de cromo encontrado en la muestra de desecho sólido AM0044 proveniente del sitio donde se enterraban desechos de la curtiembre Arlei S.A. indica la naturaleza altamente contaminada de los residuos allí arrojados e ilustra la posibilidad de que exista una contaminación más extensa en el ambiente que rodea este sitio. La mayoría de los contaminantes orgánicos detectados en esta muestra fueron hidrocarburos alifáticos. Además, en esta muestra también se encontró hidroxitolueno butilado (HTB).**

## 1 INTRODUCCIÓN.

La curtiembre Arlei S.A. está localizada cerca de la Ruta 11, en Las Toscas, Provincia de Santa Fe. Esta curtiembre tiene una red de lagunas de desechos en las cuales arrojan los residuos líquidos. Esos efluentes son luego descargados, al final de las lagunas, en el Arroyo Las Toscas, un afluente del Río Paraná.

---



## **2 PROGRAMA DE MUESTREO**

En mayo y agosto de 2000, se colectaron cinco muestras asociadas a la curtiembre Arlei S.A. en Las Toscas, Provincia de Santa Fe. Las muestras incluían dos de sedimentos, una de efluentes industriales y una de desechos sólidos.

### **2.1 Procedimientos Generales de Muestreo**

Todas las muestras fueron colectadas y almacenadas en botellas de vidrio prelavadas que fueron enjuagadas perfectamente con ácido nítrico y pentano grado analítico para remover todos los metales pesados y residuos. Las muestras de sedimento y desechos sólidos se colectaron en botellas de 100 ml, y las muestras de agua fueron colectadas en botellas de 1 litro. Todas las muestras de sedimento, desecho sólido y líquidos fueron selladas inmediatamente y refrigeradas una vez colectadas. Las muestras se enviaron para su análisis a los Laboratorios de Investigación de Greenpeace, en la Universidad de Exeter, Inglaterra. En el Apéndice 1 se presenta la descripción detallada sobre la preparación y procedimientos analíticos de las muestras.

### **2.2 Descripciones de las muestras.**

En la Tabla 1 se presentan las descripciones de las muestras. La muestra de desechos líquidos AM0043 se tomó de un canal de cemento en el cual la curtiembre Arlei S.A. descarga sus efluentes, antes de arrojarlos en las lagunas. La muestra de sedimento AM0013 se tomó de una de estas lagunas. Otra muestra de sedimento (AM0014) se colectó en el punto de descarga al Arroyo Las Toscas de los líquidos de desecho provenientes de las lagunas. Se tomó una muestra de sedimentos de la acequia a cielo abierto (AM0046) que va junto al camino que termina en el Arroyo y que corre a uno de los lados de las lagunas de la curtiembre Arlei S.A..

La muestra de desecho sólido AM0044 se tomó en un campo donde funcionaba un viejo basurero a cielo abierto de la curtiembre Arlei S.A., situado 1500m al oeste de la Ruta 11.



Número de Muestra	Tipo de Muestra	Descripción de la Muestra
<b>Curtiembre Arlei S.A., Las Toscas</b>		
AM0043	Residuos líquidos industriales	Colectada de un canal de cemento que transporta residuos líquidos y los arroja en la primera de las lagunas.
AM0013	Sedimentos/lodos	Colectada de una de las lagunas de la curtiembre Arlei S.A.
AM0014	Sedimento	Colectada del punto de descarga de los efluentes de la curtiembre Arlei S.A. hacia el Arroyo Las Toscas, un afluente del Río Paraná
AM0046	Sedimento	Colectada de la acequia junto al camino que corre paralelo la primera laguna de Arlei S.A.
<b>Viejo basurero de la Curtiembre Arlei S.A.</b>		
AM0044	Desecho Sólido	Colectada del viejo basurero de la curtiembre, situado a 1500 metros de la Ruta 11

Tabla 1. Descripción de las muestras colectadas en asociación con las curtiembres de piel Arlei S.A. y SADESA, Las Toscas, Provincia de Santa Fe, Argentina 2000.

Número de Muestra	AM0043	AM0013	AM0014	AM0046	AM0044
Descripción	Residuos líquidos industriales	Sedimentos/lodos	Sedimento	Sedimento	Desecho sólido
Ubicación	Canal de cemento antes de las lagunas	Lagunas con efluentes de la curtiembre Arlei S.A.	Punto de descarga de las lagunas al Arroyo Las Toscas	Acequia paralela a lagunas	Viejo basurero a cielo abierto de la curtiembre Arlei S.A.
<b>Metales</b>	(ug/l)	(mg/kg peso seco)	(mg/kg peso seco)	(mg/kg peso seco)	(mg/kg peso seco)
Cadmio (Cd)	<20	<2	<2	<2	<2
Cromo (Cr)	1607	1137	205	7946	786
Cobalto (Co)	<20	<2	4	5	<2
Cobre (Cu)	88	6	12	69	<2
Plomo (Pb)	<30	2	9	69	6
Manganeso (Mn)	26	31	122	408	<10
Mercurio (Hg)	<1	<0,05	0,13	0,10	<0,05
Níquel (Ni)	<20	<2	8	17	<2
Zinc (Zn)	74	15	21	150	32



No. De compuestos orgánicos aislados	154	73	140	120	171
No. De compuestos orgánicos identificados con certeza mayor al 90%	47 (31%)	18 (25%)	50 (36%)	48 (40%)	48 (28%)
<b>COMPUESTOS ORGANOHALOGENADOS</b>					
Benceno, 1,4-dicloro-	*				
<b>HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS (HAPs)</b>					
Naftaleno y/o sus derivados			✓(10)	✓(11)	
Fenantreno y/o sus derivados	✓				
<b>COMPUESTOS ORGANICOS DE AZUFRE</b>					
Azufre, mol. (S8)			✓		
<b>COMPUESTOS FENOLICOS</b>					
HTB					✓
Fenol, 2,2'-metileno-bis [6-(1,1-dimetil-etil)-4-metil-	✓				
<b>ESTERES DE FTALATOS</b>					
DEHP	✓				
DBP	✓				
<b>OTROS COMPUESTOS AROMATICOS</b>					
Indeno y/o sus derivados	✓(2)		✓		
Bencenos alquilados	✓(18)	✓	✓(6)	✓(11)	
<b>HIDROCARBUROS ALIFATICOS</b>					
Lineales	✓(21)	✓(16)	✓(28)	✓(25)	✓(43)
Cíclicos		✓	✓(4)	✓	✓(4)

Tabla 2. Químicos orgánicos y metales pesados identificados en muestras asociadas con la curtiembre Arlei S.A., Las Toscas, Provincia de Santa Fe. Para los grupos de compuestos orgánicos identificados con certeza superior al 90%, ✓(#) señala los compuestos identificados usando un método de análisis de screening GC/MS, con el número de compuestos dados en el paréntesis para los grupos de más de un compuesto; \* significa los compuestos identificados sólo a un nivel de traza usando un método selectivo de monitoreo 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.



### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis orgánico de *screening* y el análisis de metales pesados, incluyendo un desglose de los grupos de compuestos orgánicos identificados con certeza superior al 90%.

Para mayor información sobre las fuentes comunes, comportamiento ambiental y perfiles toxicológicos de los contaminantes clave detectados durante este estudio, ver Apéndice 2.

#### 3.1 Curtiembre Arlei S.A. (muestras AM0046, AM0043, AM0013 y AM0014)

Las cuatro muestras (AM0013, AM0014, AM0043 y AM0046) asociadas directamente con la curtiembre Arlei S.A. contenían cromo en niveles significativamente elevados. En comparación, los niveles ambientales típicos de cromo son de 1,3 ug/l en agua dulce y 1-500 mg/kg para los sedimentos de agua dulce (USPHS 1997).

La muestra de residuos líquidos tomada del canal de cemento que desemboca en las lagunas (AM0043) contenía 1607 ug/l de cromo, indicativo de significativas descargas de cromo provenientes del proceso de curtido. Los sedimentos/lodos de la misma laguna (AM0013) contenían 1137 mg/kg de cromo. Estos niveles son considerablemente más altos que los del sedimento en el punto de descarga al Arroyo Las Toscas de los desechos provenientes de las lagunas (AM0014), el cual contenía 205 mg/kg de cromo. Sin embargo, el nivel de cromo en la muestra AM0014 parece relativamente alto, aunque se encuentre dentro del espectro del nivel ambiental típico de cromo en sedimentos de agua dulce (USPHS 1997). De los resultados del análisis de sedimentos río arriba del punto de descarga sería necesario determinar si los 205 mg/kg reportados aquí eran típicos de los sedimentos no contaminados en el sistema de este río o si este nivel representa una elevación significativa sobre el nivel ambiental como resultado de las descargas provenientes de la curtiembre. Dada la tendencia del cromo a ser adsorbido por el material particulado, es de esperar que exista alguna atenuación en los niveles de cromo en los residuos líquidos vertidos al Arroyo luego de su paso por las lagunas. Por supuesto, esto resulta inevitablemente en un grado mayor de contaminación de los lodos de la laguna.

Los contaminantes orgánicos encontrados en las muestras AM0043, AM0013 y AM0014 fueron dominados por alquil bencenos e hidrocarburos alifáticos, tanto cíclicos como lineales. Estos compuestos son conocidos como contaminantes típicos en los desechos de curtiembres, resultando del uso de diferentes solventes orgánicos en los procesos tecnológicos (UNEP 1991). Los alquilbencenos son sumamente resistentes a la degradación y pueden acumularse y permanecer en los sedimentos durante periodos prolongados (Preston y Raymundo 1993).

En la muestra AM0014 también se detectó azufre molecular. Los compuestos que contienen azufre se usan en varias etapas del proceso de curtido (UNEP 1991) y la

---



formación del azufre molecular puede resultar de la desulfurización de los desechos generados.

La muestra de efluentes AM0043 tomada antes de las lagunas de Arlei S.A. también contenía fenantreno (un HAP), un compuesto fenólico, dos ésteres de ftalato (DEHP y DBP), dos derivados del indeno y cantidades traza de 1,4-diclorobenceno.

Los ésteres de ftalato se utilizan en un gran número de productos, y muchos son contaminantes ambientales bastante conocidos. Un estudio publicado en 1986 mostró que los dos ésteres de ftalato producidos más abundantemente eran el DEHP y DBP (Menzert *et al* 1986). El principal uso del DEHP es como plastificante en el PVC (Kemi 1994; Jobling *et al* 1995). Sin embargo, también se han reportado numerosos usos alternativos del DEHP, incluyendo el uso como solvente en la tinta borrable, en aceite para bombas de vacío, como componente de fluidos dieléctricos en capacitores eléctricos, como un aditivo para cemento y como repelente de insectos (ATSDR 1997; Jobling *et al* 1995).

La presencia del 1,4-diclorobenceno en la muestra AM0043 puede ser debido a su uso como insecticida para repeler a los escarabajos y otros insectos que atacan durante el almacenamiento y transporte de cueros y pieles (UNEP 1991). Sin embargo, este compuesto es un contaminante ambiental muy común debido a su uso en desodorantes de habitaciones y en los bloques de desodorantes sanitarios (ATSDR 1997). El 1,4-diclorobenceno es una sustancia altamente volátil que se sublima a temperatura ambiente y la mayoría de sus liberaciones al ambiente son a la atmósfera. Sin embargo, este compuesto puede ser absorbido por el suelo o sedimento y la adsorción a las partículas del suelo puede inhibir su volatilización en un orden de magnitud comparado con la volatilización desde el agua (ASTDR 1997). No queda claro qué aplicación causó la presencia del 1,4-diclorobenceno en esta muestra.

El naftaleno, un hidrocarburo aromático policíclico (HAP), y un gran número de sus derivados también fueron encontrados en el sedimento AM0014, colectado en el punto de descarga de las lagunas. El naftaleno, además de otros químicos como los compuestos fenólicos, puede ser usado sólo o junto con cromo y taninos vegetales para recurtido o como un agente principal del curtido para ciertas pieles de especialidad (UNEP 1991; Kroschwitz & Howe-Grant 1995).

Una simple muestra de sedimento que fue tomada de una acequia que debería transportar agua de lluvia cerca de la curtiembre Arlei S.A. (AM0046) contenía cromo en 7946 mg/kg, lo cual es muy superior a los niveles ambientales típicos.

Los contaminantes orgánicos encontrados en la muestra AM0046 también fueron representados predominantemente por alquil bencenos e hidrocarburos alifáticos, como se encontró en todas las muestras asociadas con la curtiembre Arlei S.A. (AM0043,



AM0013 y AM0014). Una gama de derivados de naftaleno similar a los detectados en la muestra AM0014 fue también detectada en esta muestra de sedimento proveniente de la acequia de agua de lluvia. El nivel de cromo y el patrón de contaminantes orgánicos encontrados en la muestra AM0046 refleja que los desechos de la curtiembre están llegando al canal de agua pluvial (acequia), tanto por descarga directa como por lixiviación de áreas contaminadas.

### **3.2 Basurero a cielo abierto de la Curtiembre Arlei S.A. (muestra AM0044)**

Una muestra de desecho sólido proveniente del terreno del viejo basurero de la curtiembre Arlei S.A. (AM0044) contenía cromo en 786 mg/kg, sustancialmente más alto que los niveles típicos encontrados en suelos no contaminados (Alloway 1990, Dudka y Adriano 1997). El nivel de cromo en esta muestra es indicativo de la naturaleza altamente contaminada de los desechos vertidos en este lugar. Combinado con los altos niveles de cromo encontrados en otras muestras de desecho líquido y sólido asociados con esta curtiembre, queda claro el potencial de esta planta para contribuir a la contaminación del ambiente de los alrededores, directa o indirectamente (es decir, a través del lixiviado de los desechos, arrojando lodos contaminados de las lagunas, etc.).

Los compuestos orgánicos encontrados en la muestra AM0044 estaban dominados por hidrocarburos alifáticos y el hidroxitolueno butilado (HTB). El HTB es usado como antioxidante en los productos alimenticios y en la producción de plásticos, petroquímicos y algunos cosméticos (Budavari *et al* 1989).

## **4 CONCLUSIONES**

Se detectaron niveles elevados de cromo en los efluentes, los lodos de las lagunas y los desechos sólidos asociados con las operaciones de la curtiembre Arlei S.A. debido al empleo de cromo por parte de esta empresa en el proceso de curtido. Estas actividades están resultando indudablemente en la liberación de cromo al ambiente de los alrededores, tanto directamente a través de las descargas en las lagunas o en la acequia, o indirectamente a través de escurrimiento del sitio y/o de la disposición final de los desechos sólidos y lodos de las lagunas. Sería necesario un estudio más detallado para determinar la extensión de la contaminación que está ocurriendo como resultado de estas prácticas.

## **5 REFERENCIAS**

- ATSDR (1997) Toxicological Profiles. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service (CD-ROM)
- Ballschmiter, K., Rappe, C. & Buser, H.R. (1989) Chemical properties, analytical methods and environmental levels of PCBs, PCTs, PCNs and PBBS. In: Kimbrough, R.D. & Jensen, A.A. (Eds.) Halogenated biphenyls, terphenyls, naphthalenes, dibenzodioxins and related -products. Publ: Elsevier; p47-69
- Budavari, S.M., O'Neil, J., Smith, A. & Heckleman, P.E. (Eds.) (1989) The Merck Index: an encyclopaedia of chemicals, drugs and biologicals. 11th Edn, Merck and Co, Inc., New Jersey, USA
-



- Higgo, J.J.W., Nielsen, P.H., Bannon, M.P., Harrison, I., and Christensen, T.H. (1996) Effect of geochemical conditions on fate of organic compounds in groundwater. *Environmental geology* 27: (4) 335-346
- Jobling, S., Reynolds, T., White, R., Parker, M.G. & Sumpter, J.P. (1995) A variety of environmentally persistent chemicals, including some phthalate plasticizers, are weakly estrogenic. *Environmental Health Perspectives* 103(6): 582-587.
- Kemi (1994) Phthalic acid esters used as plastic additives. Publ: Swedish National Chemicals Inspectorate; report 12/94, ISSN 0248-1185
- Kroschwitz, I. and Howe-Grant, M. [Eds] (1995). *Kirk-Othmer encyclopaedia of chemical technology*. Fourth Edition, Volume 14: 208-226. John Wiley and Sons Inc., New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Menzert R.E., Nelson J.O. (1986). Water and soil pollutants. In *Toxicology: the basic science of poisons*. Klaasen C.D., Ambur M.O. and Doull J. [Eds], MacMillan Publishing Co., New York: 825-856.
- 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
- UNEP (1991). *Tanneries and the Environment. A Technical Guide to Reducing the Environmental Impact of Tannery Operations*. Technical Report Series No. 4. United Nations Environment Programme Industry and Environment Office.
- World Health Organisation (1995). *Inorganic Lead. Environmental Health Criteria* 165. ISBN 9241571659
-



## APÉNDICE 1 METODOLOGÍA ANALÍTICA

### A.1.1 Análisis Orgánico

#### A.1.1.1 Preparación de las muestras para el análisis de *screening* de compuestos orgánicos

Todos los solventes fueron de Alto Grado de Pureza (PRAG o bajo haloformo). Los artículos de cristal usados en los procesos de extracción y limpieza fueron limpiados en detergente, enjuagados con agua del grifo y agua desionizada, secados en el horno por una noche a 105° C, y enjuagados tres veces con pentano bajo en haloformo.

En la preparación del análisis para compuestos orgánicos extraíbles, se pesaron 30g aproximadamente (peso húmedo) y se transfirieron a una botella de vidrio de 100ml. Las muestras fueron adicionadas con naftaleno deuterado (un estándar interno) a una concentración de 4,7 mg/kg. Se agregaron 15ml de pentano, seguidos de 5ml de acetona. Todas las muestras fueron entonces mezcladas con por 2 horas.

Los extractos fueron decantados, filtrados a través un filtro prelavado separador de la fase hidrofóbica y recolectados en tubos reactivos. Después fueron acidificados hasta un pH 2 con 10% de ácido nítrico. Siguiendo esto, se añadió una segunda porción de 20ml de pentano y se repitió el procedimiento de extracción. Finalmente, ambos extractos obtenidos para cada muestra se combinaron y evaporaron hasta un volumen de aproximadamente 3ml. El extracto concentrado se limpió a través de una columna de Florisil, eluida con una mezcla 95:5 de pentano: tolueno, y evaporado hasta un volumen de 2ml bajo un chorro de nitrógeno de grado analítico. Entonces se agregó el 1-Bromonaftaleno en una concentración de 10mg/l para proveer una indicación de la actuación de GC/MS.

#### A.1.1.2 Análisis cromatográfico

Los compuestos orgánicos se identificaron cualitativamente y cuantitativamente usando un Cromatografía de Gases acoplada con un equipo de Espectrometría de Masas (GC-MS).

Los instrumentos empleados fueron un Cromatógrafo de Gases Hewlett Packard (HP) 5890 Series II, acoplado con un sistema de procesamiento de datos HP Chem-Station y acoplado éste a un Detector Selectivo de Masas HP 5972 operado en modo de *screening*. La identificación de los compuestos se llevó a cabo a través de la comparación computarizada contra una biblioteca HP Wiley 275 con 275.000 espectros de masas combinados con una interpretación experta. Todos los extractos también fueron analizados usando un método de monitoreo de iones (SIM) contra dos soluciones estándar. Las listas de los contenidos de los compuestos en el Estándar I y el Estándar

---



Il se presentan abajo. Todos los estándares individuales se obtuvieron de Sigma Aldrich Co. Ltd., Supelco, UK.

Los resultados se reportan como una lista de aquellos compuestos identificados fielmente y tentativamente. Las cualidades de correspondencia de 90% o más contra la biblioteca HP Wiley 275 o la identificación confirmada contra los compuestos estándares (usando tiempos de retención y espectro de masa obtenidos durante la calibración) se toman para identificaciones confiables. Las identificaciones tentativas se refieren a las cualidades entre 51% y 90% sólo contra la biblioteca HP Wiley 275. Los analitos que produjeron cualidades correspondiendo 50% o menos, fueron asumidos como no identificados.

<b>Compuesto</b>	<b>iones para monitorear</b>
Benceno, 1,3-dicloro-	146, 148, 111, 75
Benceno, 1,4-dicloro-	146, 148, 111, 75
Benceno, 1,2-dicloro-	146, 148, 111, 75
Benceno, 1,3,5-tricloro-	180, 182, 145, 74
Fenol, 2,4-dicloro-	162, 164, 63, 98
Benceno, 1,2,4-tricloro-	180, 182, 145, 109
Benceno, 1,2,3-tricloro-	180, 182, 145, 109
Diclorvos	109, 185, 79, 47
Benceno, 1,2,3,5-tetracloro-	216, 214, 218, 179
Benceno, 1,2,4,5-tetracloro-	216, 214, 218, 179
Benceno, 1,2,3,4-tetracloro-	216, 214, 218, 179
Benceno, pentacloro-	250, 252, 248, 215
alpha-HCH	181, 183, 219, 217
Benceno, hexacloro-	284, 286, 282, 249
Simazina	200, 215, 202, 173
beta-HCH	181, 183, 219, 217
gamma-HCH	181, 183, 219, 217
delta-HCH	181, 183, 219, 217
o,p'-DDE	246, 248, 318, 176
p,p'-DDE	246, 318, 246, 316
o,p'-DDD	235, 237, 165, 199
p,p'-DDD	235, 237, 165, 199
o,p'-DDT	235, 237, 165, 199
p,p'-DDT	235, 237, 165, 199

#### ***A.1.1 Lista de compuestos en el Estándar I usado para el análisis SIM***

<b>Compuesto</b>	<b>iones para monitorear</b>
Fenol, 2-cloro-	128, 64, 92, 39
Fenol, 2-metil-	108, 79, 90, 51



Fenol, 3-metil- and 4-metil-	108, 107, 79, 77
Fenol, 2,5-dicloro-	162, 164, 63, 99
Fenol, 2,3-dicloro-	162, 126, 63, 99
Fenol, 4-cloro-	128, 65, 130, 100
Fenol, 2,6-dicloro-	162, 164, 63, 98
Butadieno, hexacloro-	225, 190, 260, 118
Fenol, 2,3,5-tricloro-	196, 198, 160, 97
Fenol, 2,4,5-tricloro-	196, 198, 97, 132
Fenol, 3,5-dicloro-	162, 164, 99, 63
Fenol, 2,3,6-tricloro-	196, 198, 97, 132
Fenol, 3,4-dicloro-	162, 164, 99, 63
Atrazina	200, 215, 202, 173
Fenol, pentacloro-	266, 268, 264, 165
Clordano I	373, 375, 272, 237
Clordano II	373, 375, 272, 237
PCB-	153 360, 362, 290, 218
PCB-	138 360, 362, 290, 292
PCB-	180 394, 396, 324, 252

### ***A.1.2 Lista de compuestos en el Estándar II usados para el análisis SIM***

#### **A.1.2 Análisis de Metales Pesados**

##### **A.1.2.1 Preparación de las muestras para el análisis de metales pesados**

Todos los químicos eran de Grado de Pureza Aristar elavado. Todos los artículos de cristal fueron lavados en detergente, enjuagados en agua del grifo y agua desionizada, remojados en 10% de ácido nítrico por una noche, enjuagados con agua desionizada y secados en un horno.

Las muestras fueron secadas al aire hasta que las lecturas del peso fueron constantes (aprox. 5 días). Después fueron trituradas usando una maja y un mortero hasta que fueron homogéneas y se tamizaron a través de una malla de 2mm. 0,5 g de la muestra se pesaron en un tubo de cristal hirviente de 100ml y a esto se le agregaron 10 ml de agua desionizada, seguida de 7,5 ml de ácido clorhídrico concentrado y 2,5 ml de ácido nítrico concentrado. Las muestras fueron digeridas a la temperatura de la habitación por una noche antes de ser colocadas en un digestor de Gerhardt Kjeldatherm (40 espacio) conectado a una unidad de lavado de gases Gerhardt Turbosog (rellena con 10% w/v hidróxido de sodio). Las mezclas fueron luego puestas en reflujo a 130 °C por cuatro horas.

Después de enfriarlos a la temperatura ambiente, los materiales digeridos fueron filtrados en matraces volumétricos, diluidos con agua desionizadas, hasta alcanzar 50 ml y



mezclados. Un Material Estándar de Referencia Estándar, BCR-143 (elementos de rastro en suelo enmendado con elementos traza en lodo de agua residual), certificado por la Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, y una muestra blanco, fueron preparados con el montón de muestras. Todas fueron preparadas en 15% v/v de ácido clorhídrico y 5% v/v de ácido nítrico.

#### **A.1.2.2 Espectrometría de Emisión Atómica Inductivamente Acoplada (ICP-AES)**

Siguiendo la preparación, las muestras fueron analizadas por ICP-AES, usando un Espectrómetro Secuencial Varian Liberty-100. Los siguientes metales fueron cuantificados directamente: manganeso, cromo, zinc, cobre, plomo, níquel, cobalto y cadmio. Se preparó un instrumento multielementos de calibración estándar a concentraciones de 10 mg/l, la matriz correspondió a las muestras (i.e. en 15% v/v ácido clorhídrico y 5% v/v ácido nítrico). La calibración fue validada usando un estándar de control de calidad (8 mg/l), preparado internamente a partir de reactivos de diferentes fuentes. Cualquier muestra que excediera el rango de calibración se diluía como corresponde, en duplicado y reanalizada.

El mercurio (Hg) se determinó usando una Generación de Vapor Frío ICP-AES. El Hg (II) se redujo a Hg (0) i.e. a vapor, continuando con la reducción de las muestras con borohidruro de sodio (0,6% w/v), hidróxido de sodio (0,5% w/v) y ácido clorhídrico (10 molar). El vapor se llevó en una corriente de argón al espectrómetro. Se prepararon dos estándares de calibración, a 10 ug/l y a 100 ug/l, la matriz correspondió con las muestras (i.e. en 15% v/v ácido clorhídrico y 5% v/v de ácido nítrico). La calibración fue validada utilizando un estándar de control de calidad (80 ug/l), preparada internamente de reactivos provenientes de diferentes fuentes. Cualquier muestra que excediera el rango de calibración se diluía como corresponde, en duplicado y reanalizada.



## **APENDICE 2 PERFIL TOXICOLOGICO PARA CONTAMINANTES CLAVE**

### **A.2.1 Cromo**

#### **A.2.1.1 Estado Natural**

El cromo es el vigésimo primer elemento más abundante de la corteza terrestre, con una concentración promedio de 100 mg/kg. Sin embargo, en algunas rocas ígneas, arcillas y esquistos, puede observarse en concentraciones superiores (Alloway 1990). El único mineral metalífero de cierta importancia comercial del cual se extrae cromo es la cromita ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ), que se produce principalmente en Sudáfrica, Albania, Turquía, la India y Zimbabwe. La crocoíta ( $\text{PbCrO}_4$ ) y el ocre de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) son otras fuentes metalíferas menos abundantes (Mukherjee 1998, USPHS 1997, Alloway 1990, Greenwood and Earnshaw 1984). Asimismo, las piedras preciosas esmeralda y rubí deben su color a rastros de cromo (Alloway 1990).

Las emisiones provenientes de partículas aéreas de suelo constituyen la fuente natural de cromo atmosférico más significativa, a la que siguen en importancia las emisiones generadas por la actividad volcánica, las fuentes biógenas, los incendios forestales y los aerosoles de sal marina. Se estima que la cantidad total de cromo liberado a la atmósfera por fuentes naturales es de 43.000 toneladas/año, en comparación con una carga antropogénica estimativa de 30.400 toneladas/año (Nriagu 1990).

#### **A.2.1.2 Producción, utilización y fuentes antropogénicas**

El cromo se produce en dos formas: En primer lugar, como ferrocromo, generado a través de la reducción de cromita con coque en hornos de arco voltaico (si en vez de coque se utiliza silicio como reductor, se puede producir una variedad de ferrocromo de bajo carbono). Esa aleación de hierro y cromo se utiliza directamente como aditivo para producir aceros cromados, que son resistentes e “inoxidables”. Asimismo, también puede obtenerse metal de cromo mediante un proceso de oxidación aérea de la cromita, lixiviado, precipitación y reducción (USPHS 1997, Greenwood and Earnshaw 1984).

De los diez millones de toneladas de cromo que se producen por año, aproximadamente entre el 60 y el 70 por ciento se utiliza en aleaciones, incluido el acero inoxidable, que contiene cantidades de hierro, cromo (10%-26%) y níquel que varían según las propiedades que se requieran en el producto final. Las propiedades refractarias del cromo (resistencia a altas temperaturas) se aprovechan en la producción de ladrillos refractarios para el revestimiento de hornos, lo que representa aproximadamente el 15% de la utilización de minerales de cromato. También alrededor del 15% se emplea en la industria química en general, en la que se utilizan distintos compuestos de cromo como agentes de curtido, pigmentos y conservantes textiles, pinturas antiincrustantes, catalizadores, agentes anticorrosivos, lodos de perforación, baterías de alta temperatura,

---



fungicidas, conservantes de madera, terminaciones de metales y electrogalvanización (USPHS 1997, Alloway 1990, Greenwood and Earnshaw 1984).

Las tablas A.1.1a-c presentan niveles estimativos de las emisiones antropogénicas de cromo (Nriagu 1990, Nriagu and Pacyna 1988):

FUENTE	Emisiones (miles de toneladas / año)
Manufactura de hierro y acero	15,6
Generación energética (combustión de carbón y petróleo)	12,7
Producción de cemento	1,3
Incineración de desechos (residuos y lodos cloacales municipales)	0,8
TOTAL	30,4

*Tabla A.1.1a: Emisiones atmosféricas de cromo provenientes de fuentes antropogénicas a nivel mundial*

FUENTE	Emisiones (miles de toneladas / año)
Procesos de manufactura (metales, productos químicos, papel y derivados del petróleo)	51
Aguas servidas domiciliarias	46
Vertidos cloacales	19
Extracción y fundición de metales comunes	12
Precipitaciones atmosféricas radioactivas	9,1
Centrales de generación eléctrica	5,7
TOTAL	142,8

*Tabla A.1.1b: Descarga mundial de cromo en ecosistemas acuáticos*

FUENTE	Emisiones (miles de toneladas / año)
Productos de manufactura descartados	458
Cenizas de carbón	298
Desechos agrícolas y animales	82
Precipitaciones atmosféricas radioactivas	22
Residuos urbanos	20
Desechos de madera y actividades de tala	10
Desechos municipales cloacales y orgánicos	6,5
Desechos sólidos de la producción de metales	1,5
Fertilizantes y turba	0,32
TOTAL	898,32

*Tabla A.1.1c: Descarga mundial de cromo a los suelos*

### A.2.1.3 Niveles ambientales, contaminación y comportamiento

El cromo se encuentra en distintas concentraciones en casi todos los ecosistemas acuáticos y terrestres no contaminados (Ver Tabla A.1.1d). Sin embargo, en zonas



relacionadas con emisiones antropogénicas, los niveles ambientales pueden exceder sobremanera las concentraciones naturales de fondo (Ver Tabla A.1.1e).

Matriz ambiental	Concentración	Referencia
Aguas marinas (mar abierto)	0,057-0,234 ug/l	Bryan and Langston 1992
Aguas dulces	1,30 ug/l	USPHS 1997
Aguas potables	0,4-8,0 ug/l	USPHS 1997
Sedimentos marinos	30-200 mg/kg	Bryan and Langston 1992,
Sedimentos en aguas dulces / partículas en suspensión	1-500 mg/kg	USPHS 1997
Suelo	<1-100 mg/kg 4-80 mg/kg	Alloway 1990 Dudka and Adriano 1997

Tabla A.1.1d: Concentraciones naturales de cromo en aguas, sedimentos y suelos

Matriz ambiental	Concentración	Referencia
Sedimentos marinos, Estuario de Loughor, en el sur de Gales (producción de láminas de estaño)	800 mg/kg	Bryan and Langston 1992
Sedimentos marinos, Bahía de Sawyer, Nueva Zelanda (desechos de curtiembre)	3700 mg/kg	Bryan and Langston 1992
Suelo, Japón (fundición de cromo)	30-4560 mg/kg	Dudka and Adriano 1997
Suelo, Reino Unido (tierras agrícolas abonadas con lodos cloacales)	138-2020 mg/kg	Alloway 1990
Cenizas de incineradores de residuos sólidos municipales, Reino Unido	44-1328 mg/kg	Mitchell et al. 1992

Tabla A.1.1e: Concentraciones de cromo vinculadas con la contaminación y los desechos antropogénicos

Si bien el cromo existe en el medio ambiente en diversos estados de oxidación, sólo las formas trivalentes (III) y hexavalentes (VI) se consideran de importancia biológica. En los medios acuáticos, el cromo (VI) se encuentra principalmente en forma soluble, que puede ser lo suficientemente estable como para ser transportada en el medio. Sin embargo, el cromo (VI) finalmente se convierte en cromo (III) mediante la reducción de especies tales como las sustancias orgánicas, el ácido sulfhídrico, el azufre, el sulfuro de hierro, el amonio y el nitrito (USPHS 1997, Kimbrough *et al.* 1999). Por lo general, esa forma trivalente no migra de manera significativa en los sistemas naturales sino que se precipita rápidamente y se adsorbe en partículas en suspensión y sedimentos del fondo. Sin embargo, los cambios en las propiedades físicas y químicas del medio acuático pueden alterar el equilibrio entre el cromo (III) y el cromo (VI) (Richard and Bourg 1991).

Se ha comprobado que el cromo (III) y el cromo (VI) se acumulan en muchas especies acuáticas, especialmente en peces que se alimentan del fondo, como el bagre (*Ictalurus nebulosus*), y en los bivalvos, como la ostra (*Crassostrea virginica*), el mejillón azul (*Mytilus edulis*) y la almeja de caparazón blando (*Mya arenaria*) (Kimbrough *et al.* 1999).



En los suelos, el cromo (III) es relativamente inmóvil debido a su gran capacidad de adsorción en los suelos. Por el contrario, el cromo (VI) es muy inestable y voluble ya que, en condiciones naturales, se adsorbe escasamente en los suelos (Mukherjee 1998). Las reacciones redox (conversión del cromo (III) en cromo (VI) por oxidación y conversión del cromo (VI) en cromo (III) por reducción) son procesos significativos que afectan la evolución de las especies y, por lo tanto, la biodisponibilidad y la toxicidad del cromo en los suelos. La oxidación puede ocurrir en presencia de óxidos de hierro y manganeso, en suelos frescos y húmedos (anaeróbicos) y en condiciones levemente ácidas. La reducción puede ocurrir en presencia de sulfuros y hierro (II) (condiciones anaeróbicas) y se acelera en presencia de materia orgánica en el suelo (Mukherjee 1998).

Se trata de un tema de importancia ya que, si bien el cromo (III) constituye un microelemento esencial en los animales, el cromo (VI) es no esencial y tóxico en concentraciones bajas. Por lo tanto, debido a que los procesos de oxidación pueden resultar en la formación de cromo (VI), las actividades antropogénicas que liberan cromo (III) son tan problemáticas como las que emiten cromo (VI). Aun cuando se libera cromo (III) al ambiente, no existe garantía alguna de que el cromo permanezca en ese estado químico. Por ejemplo, la práctica de depositar en rellenos sanitarios desechos con contenido de cromo (III) provenientes de curtiembres junto con otros desechos industriales ácidos o con desechos cloacales, que pueden crear condiciones ácidas al descomponerse, puede transformar por oxidación el cromo (III) en cromo (VI). (Mukherjee 1998, Outridge and Sheuhammer 1993, UNEP 1991, Richard and Bourg 1991).

#### **A.2.1.4 Toxicidad y esencialidad**

El cromo (III) constituye un nutriente esencial menor, necesario para el metabolismo de la glucosa, las proteínas y las grasas en los mamíferos. Las señales de deficiencia en el ser humano incluyen la pérdida de peso y la reducción de la capacidad del organismo para extraer la glucosa de la sangre (USPHS 1997, Goyer 1996). No se sabe con certeza cuál es la cantidad mínima de cromo (III) necesaria por día para mantener un estado óptimo de salud pero se estima que una ingestión de entre 50 y 200  $\mu\text{g}/\text{día}$  es suficiente y no presenta riesgos. Sin embargo, si bien se trata de un nutriente esencial, en dosis muy elevadas puede ser nocivo (USPHS 1997).

El cromo (VI) es no esencial y tóxico. Sus compuestos son corrosivos y la exposición a ellos provoca, independientemente de la dosis, rápidas reacciones alérgicas en la piel. La exposición a corto plazo a altos niveles puede producir úlceras en la piel expuesta, perforaciones de las superficies respiratorias e irritación del conducto gastrointestinal. También se han observado lesiones renales y hepáticas (USPHS 1997). Asimismo, la International Agency for Research on Cancer (IARC) (organización internacional de investigación sobre el cáncer) ha clasificado los compuestos de cromo (VI) como carcinógenos identificados (1998). La exposición a largo plazo en el ámbito laboral a

---



niveles atmosféricos de cromo más elevados que los niveles del medio ambiente natural ha sido vinculada con el cáncer de pulmón. El grupo de mayor riesgo incluye a las personas que trabajan en la industria de producción de cromato y en la manufactura y utilización de pigmentos de cromo. Asimismo, podrían existir riesgos similares entre los trabajadores de las industrias de aleación y galvanización de cromo y soldadura de acero inoxidable (Kimbrough 1999, USPHS 1998).

La toxicología acuática del cromo también depende de la evolución de las especies. El cromo (III) tiene una disponibilidad biológica y una toxicidad muy inferior a la del cromo (VI). Eso se ha observado en bálanos, *Balanus* sp., y en el poliqueto *Neanthes arenaceodentata*. Los experimentos demostraron que la progenie del *Neanthes arenaceodentata* se ve reducida en números ante la exposición a 39 ug/l de cromo (VI) diluido (Bryan and Langston 1992).

#### **A.2.1.5 Legislación**

A diferencia del mercurio, el cadmio y el plomo, el cromo y sus compuestos no están incluidos en las Listas Nacionales e Internacionales de contaminantes prioritarios. Sin embargo, si bien la reducción de fuentes antropogénicas de cromo no requiere medidas prioritarias, es necesario que se detenga la contaminación por cromo de los medios terrestres y acuáticos. Por lo tanto, el cromo está incluido en la mayoría de las listas de contaminantes subsidiarios y secundarios. Los siguientes son ejemplos de pautas y niveles ambientales permisibles:

Directiva del Consejo Europeo 75/440/EEC sobre la calidad de las aguas superficiales destinadas a la extracción de agua potables en los Estados Miembro. El agua que contenga más de 50 ug/l debe ser sometida al tratamiento físico y químico antes de ser utilizada.

Directiva del Consejo Europeo 76/464/EEC sobre la contaminación por ciertas sustancias peligrosas vertidas al medio acuático en la Comunidad. El cromo está incluido en la Lista II y, por lo tanto, debe reducirse la contaminación del agua causada por su presencia conforme con las Normas Nacionales de Calidad Ambiental.

Directiva del Consejo de la Comunidad Europea 80/778/EEC sobre la calidad del agua destinada al consumo humano. Se establece una Concentración Máxima Permisible de 50 ug/l.

Otras leyes sobre el agua potable incluyen las dictadas por el Bureau de Normas de la India (1995), la OMS (1993) y la USEPA (agencia de protección ambiental de los Estados Unidos) (USPHS 1997). Todas establecen pautas / un límite recomendado de 50 ug/l.

---



En lo referente a la contaminación del suelo, el Departamento del Medio Ambiente del Reino Unido (ICRCL) clasifica el nivel de 0-100 mg/kg como típico del medio no contaminado. Todo nivel que lo supere indica contaminación y, por lo tanto, determina restricciones con respecto a los usos agrícolas y recreativos (Alloway 1990). En cuanto a los niveles permisibles en el caso de los lodos cloacales, las concentraciones aceptables de cromo varían entre los 200 y los 1.200 mg/kg. Sin embargo, las concentraciones resultantes en el suelo no deben exceder los 150 mg/kg (Comunidad Europea, Francia, Alemania) (Alloway 1990).

## Referencias

- Alloway, B.J. (1990). Heavy metals in soils. John Wiley and Sons, Inc. New York, ISBN 0470215984
- 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
- Bureau of Indian Standards (1995). Drinking water specifications. Second Edition, UDC 628.1.033
- Dudka, S. and Adriano, D.C. (1997). Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review. *J. Environ. Qual.* 26: 590-602
- EEC (1975). Council Directive 75/440/EEC of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States (OJ L 194, 25.7.1975, p. 26)
- EEC (1976). Council Directive 76/464/EEC of 4 May 1976 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community (OJ L 129, 18.5.1976, p. 23)
- EEC (1980). Council Directive 80/778/EEC of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption (OJ L 229, 30.8.1980, p. 11)
- Goyer, R.A. (1996). Toxic effects of metals. In Casarett & Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons, Fifth Edition, Klaassen, C.D. [Ed]. McGraw-Hill Health Professions Division, ISBN 0071054766
- Greenwood, N.N. and Earnshaw, A. (1984). Chemistry of the Elements. Pergamon Press Ltd. ISBN 0080220576
- IARC (1982). Chromium and certain chromium compounds. In: IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Chemicals, industrial processes and industries associated with cancer in humans. IARC monographs, Vol. 1 to 29
- Kimbrough, D.E, Cohen, Y., Winer, A.M., Creelman, L. and Mabuni, C. (1999). A critical assessment of chromium in the Environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 29, 1: 1-46
- Mitchell, D.J., Wild, S.R. and Jones, K.C. (1992). Arrested municipal solid waste incinerator fly ash as a source of heavy metals to the UK environment. *Environmental Pollution* 76: 79-84
- Mukherjee, A.B. (1998). Chromium in the environment of Finland. *The Science of the Total Environment* 217: 9-19
- Nriagu, J.O. (1990). Global metal pollution. Poisoning the biosphere? *Environment* 32, 7: 7-11; 28-33
- Nriagu, J.O. and Pacyna, J.M. (1988). Quantitative assessment of World-wide contamination of air, water and soils with trace metals. *Nature* 333: 134-139
- Outridge, P.M. and Schuehammer, A.M. (1993). Bioaccumulation and toxicology of chromium: implications for wildlife. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 130: 31-77
- Richard, F.C. and Bourg, A.C.M. (1991). Aqueous geochemistry of chromium: a review. *Wat. Res.* 25, 7: 807-816
-



- UNEP (1991). Tanneries and the environment. A technical guide to reducing the environmental impact of tannery operations. Technical Report Series No. 4. United Nations Environment Programme Industry and Environment Office
- USPHS (1997). Toxicological profile for chromium on CD-ROM. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Public Health Service
- USPHS (1998). 8<sup>th</sup> Report on Carcinogens 1998 Summary.
- World Health Organisation (1993). Guidelines for drinking-water quality. Volume 1: Recommendations. ISBN 9241544600

### **A.2.2 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)**

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) pueden ocurrir en una amplia variedad de productos ambientales tales como el olin, carbón, alquitrán, humo del tabaco, gasolina y petróleo crudo. Son frecuentemente encontrados en productos de la combustión incompleta. Se ha encontrado que los HAPs causan daño a la salud humana. Los individuos expuestos a mezclas de HAPs y otros compuestos ya sea por respiración o contacto dérmico durante periodos prolongados, pueden desarrollar cáncer (USPHS, 1990). Muchos de los hidrocarburos aromáticos policíclicos cancerígenos se derivan de un esqueleto angular del benzo[a]antraceno. El antraceno mismo no es cancerígeno, pero el benzo[a]antraceno parece que tiene una débil carcinogenicidad. La suma de otro anillo de benceno en posiciones seleccionadas da como resultado agentes con una potente carcinogenicidad, como el dibenzo[a,h]antraceno o el benzo[a]pireno. Además, la substitución de grupos metilo en carbonos específicos del anillo también aumenta la carcinogenicidad. Así que, el 7,12-dimetilbenzo[a]antraceno (DMBA) es uno de los hidrocarburos aromáticos policíclicos sintéticos cancerígenos más potentes que se conocen (Williams, 1986).

Los HAPs son contaminantes prevalecientes en el ambiente acuático que pueden provocar un amplio rango de efectos tóxicos. Una vez en el medio acuático, la degradación por parte de los microorganismos es a menudo lenta, lo que conduce a su acumulación en sedimentos, suelo, plantas, peces e invertebrados. Los HAPs junto con los alquilbencenos son considerados como los más tóxicos y son los más altos en concentración en la fase inicial en un derrame de crudo (Overton, 1994). La toxicidad de ciertos HAPs se incrementa durante la exposición de organismos marinos a la radiación ultravioleta (UV) presente en la luz del sol (Monson *et al.* 1995; Ankley *et al.* 1995; Arfsten *et al.* 1996; McConkey *et al.* 1997). Se ha encontrado que la fototoxicidad es claramente una función de la dosis de HAPs y de la intensidad de la luz (Ankley *et al.* 1995; Huang *et al.* 1997).

El naftaleno y sus derivados alquilo fueron encontrados de manera predominante en este estudio. Los principales productos fabricados con naftaleno son los repelentes de polillas, en la forma de bolas de naftalina o cristales, y bloques de desodorante para el inodoro. También es utilizado en la elaboración de pigmentos, resinas, agentes empleados en el curtido de cuero, y en el insecticida carbaril (ATSDR 1997).

---



Los más simples derivados alquilo del naftaleno, 1-metilnaftaleno y 2-metilnaftaleno son usados en la elaboración de otros químicos tales como pigmentos, resinas y para 2-metilnaftaleno, vitamina K.

La exposición a grandes cantidades de naftaleno podría dañar, o bien destruir algunos glóbulos rojos humanos. Las personas, particularmente los niños, han desarrollado este problema después de haber ingerido bloques de desodorante o bolas de naftalina. También se han presentado casos de anemia en bebés con pañales que han sido almacenados con bolas de naftalina (ATSDR 1997).

Los conejos de laboratorio, cobayos, ratones y ratas a veces desarrollan cataratas (anublamiento de la vista) en los ojos después de tragar naftaleno. No es claro si las cataratas también se presentan en humanos que han sido expuestos al naftaleno, pero la posibilidad existe. La carcinogenicidad del naftaleno no ha sido determinada. El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EEUU ha indicado que el naftaleno puede causar cáncer en ratones femeninos pero no en masculinos, ni en ratas de ambos sexos.

## Referencias

- Ankley G.T., Erickson R.J., Phipps G.L., Mattson V.R., Kosian P.A., Sheedy B.R., Cox J.S. (1995). Effects of light-intensity on the phototoxicity of fluoranthene to a benthic macroinvertebrate. *Environmental Science and Technology*, Vol.29, No.11, pp.2828-2833.
- Arfsten D.P., Schaeffer D.J., Mulveny D.C. (1996). The effects of near-ultraviolet radiation on the toxic effects of polycyclic aromatic-hydrocarbons in animals and plants - a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1996, Vol.33, No.1, pp.1-24.
- ATSDR (1997) Toxicological Profiles. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service (CD-ROM)
- Huang X.D., McConkey B.J., Babu T.S., Greenberg B.M. (1997). Mechanisms of photoinduced toxicity of photomodified anthracene to plants: Inhibition of photosynthesis in the aquatic higher plant *Lemna gibba* (duckweed). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1997, Vol.16, No.8, pp.1707-1715
- McConkey B.J., Duxbury C.L., Dixon D.G., Greenberg B.M. (1997). Toxicity of a PAH photooxidation product to the bacteria *Photobacterium phosphoreum* and the duckweed *Lemna gibba*: Effects of phenanthrene and its primary photoproduct, phenanthrenequinone. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1997, Vol.16, No.5, pp.892-899.
- Monson P.D., Ankley G.T., Kosian P.A. (1995). Phototoxic response of *lumbriculus-variegatus* to sediments contaminated by polycyclic aromatic-hydrocarbons. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1995, vol.14, no.5, pp.891-894.
- Overton, 1994. Toxicity of petroleum. In: *Basic Environmental Toxicology*. Cockerham & Shane [Eds], CHAPster 5, pp. 133-156.
- USPHS (1990). Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service: December 1990, 231p.
- Williams G.M., Weisburger J.H. (1986). Chemical carcinogens. In *Toxicology: the basic science of poisons*. Klaasen C.D., Ambur M.O. and Doull J. [Eds], MacMillan Publishing Co., New York: 99-173.
-