



LEARNING TOXICOLOGY  
THROUGH OPEN EDUCATIONAL

# PARAFINAS CLORADAS DE CADENA CORTA (PCCCs)

Ileana MANCIULEA, Lucia DUMITRESCU

Transilvania University of Braşov

[i.manciulea@unitbv.ro](mailto:i.manciulea@unitbv.ro), [lucia.d@unitbv.ro](mailto:lucia.d@unitbv.ro)



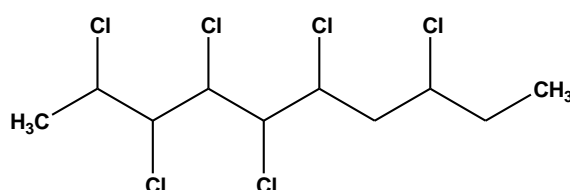
## INTRODUCCIÓN

**Las parafinas cloradas de cadena corta (PCCC)** son derivados clorados de los hidrocarburos alifáticos n-alcanos, que muestran una alta persistencia, propiedades bioacumulativas y tóxicas (PBT). Las parafinas cloradas se produjeron comercialmente en la década de 1930 y se usaron como plastificantes (en pinturas, caucho, cloruro de polivinilo), retardantes de llama, aceites lubricantes, como aditivos (en fluidos para trabajar metales y selladores), etc. Las PCCC han sido ampliamente estudiadas, debido a su relativamente alta potencial de asimilación y acumulación en el medio ambiente y los organismos vivos. Pueden producirse descargas de PCCC durante la producción, el almacenamiento, el transporte, el uso industrial, la eliminación y la quema de residuos. Por incineración de productos químicos o residuos que contienen PCCC pueden resultar PCB y PCN. La liberación mundial de PCCC de producción y uso fue entre 1935 y 2012: (a) aire (1690-41.400 t), (b) agua superficial (1660-105.000 t), (c) suelo (9460-81.000 t). En la actualidad, la producción mundial de PCCC totales supera 1 millón de toneladas anuales. China es ahora el mayor productor y consumidor de CP en el mundo. (Glüge et al., 2016). Las PCCC son las más preocupantes con respecto a la distribución ambiental y la persistencia potencial en diferentes matrices, bioacumulación y propiedades tóxicas (Friden et. al., 2011, Stockholm Convention, 2016) reconocieron las propiedades PBT y el potencial de transporte a largo alcance de las PCCC y evalúan un posible programa global de restricciones.

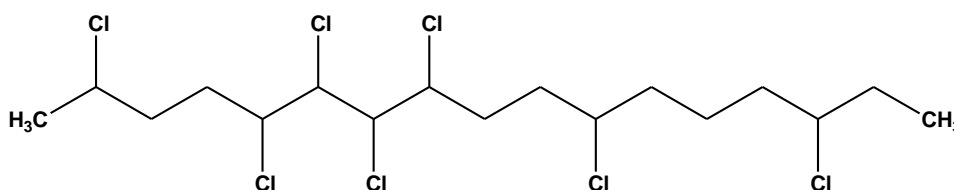
## ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE PCCC<sub>s</sub>

Las mezclas técnicas de PCCC<sub>s</sub> consisten en miles de componentes (Serrone et al., 1987) y, debido al gran número de isómeros, es difícil proporcionar métodos analíticos para su análisis cuantitativo.

Las parafinas cloradas de cadena corta (PCCC) son derivados clorados de n-alcanos, que tienen 10 a 38 átomos de carbono en su estructura y un contenido de cloro entre 30% y 70% en peso. Las PCCC varían en cuanto a su longitud de cadena, el grado de cloración y distribución en el medio ambiente. En base a las longitudes de cadena, las PCCC se dividen en tres categorías principales: Cortas C10 - C13, medias C14 - C17 y largas C18 - C30. Teniendo en cuenta su grado de cloración. Baja cloración (<50%) y alta cloración (> 50%) (Tomy et al., 2000).



**2,3,4,5,6,8-hexaclorodecano**, un ejemplo de una parafina clorada de cadena corta (61% de Cl en peso)



**2,5,6,7,8,11,15-heptacloroheptadecano**, un ejemplo de una parafina clorada de cadena media (52% de Cl en peso)

En la Tabla 1 se presentan algunas propiedades físico-químicas de PCCCs. Debido a su presión de vapor (valores de  $2,8 \times 10^{-7}$  a 0,5 Pa), las PCCCs son compuestos que se sabe que sufren un transporte atmosférico de largo alcance (TALA) Los valores de las constantes de ley de Henry para PCCCs de C10-12 son similares a los de algunos (hexaclorociclohexano, toxafeno) y determinar la partición del agua al aire o de suelos húmedos al aire, dependiendo de las condiciones ambientales y las concentraciones. Los puntos de fusión de PCCCs aumenta con el aumento de la longitud de la cadena de carbono y con el aumento del contenido de cloro. Las PCCCs (con un 40% de cloro) son

líquidas incoloras a amarillentas, y sólidos blancos (al 70% de cloro) con (punto de reblandecimiento de aproximadamente 90 °C).

Tabla 1. Propiedades físico-químicas relevantes

Propiedad	Valor
Presión de vapor (Pa)	0.028 a $2.8 \times 10^{-7}$ Pa
	0.021 Pa a 40 °C (PCCCs con 50% de cloro)
	$1.4 \times 10^{-5}$ a 0.066 Pa a 25°C (PCCCs con 50-60% de cloro)
Constante de la Ley de Henry (Pa·m <sup>3</sup> /mol)	0.7 - 18 Pa x m <sup>3</sup> /mol
Solubilidad en agua (µg/L)	400 - 960 µg/L, (mezclas cloradas C10-C12)
	6.4 - 2370 µg/L, (mezclas cloradas C10-C13)
	150 a 470 µg/L, a 20°C (PCCCs con 59% de cloro)
log K <sub>OW</sub>	4.48 – 8.69
	4.39-5.37, (PCCCs con 49-71% de cloro)
log K <sub>OA</sub>	4.07 - 12.55, (PCCCs con 30-70% de cloro) (valores modelados)

Fuente: Stockholm Convention, 2016

Las PCCCs tienen solubilidades muy bajas en agua, variando de 22,4 a 994 mg/L para algunas de las mezclas de cadena corta. El logaritmo de los coeficientes de partición octanol/agua (K<sub>ows</sub>) para PCCCs es de 5.85 a 7.14 (Tomy et al., 2000, Hilger et al., 2011). La baja solubilidad en agua y la baja presión de vapor de PCCCs determinan su baja movilidad en el medio ambiente. Los datos de monitoreo de Suecia y el Reino Unido indican bajos niveles de contaminación en sedimentos de agua, organismos acuáticos y terrestres, alimentos comerciales y cierta dispersión del aire (Government of Canada, 2009).

## PERSISTENCIA DE PCCCs

### PERSISTENCIA EN EL AIRE

Debido a que sus vidas medias atmosféricas son superiores a 2 días, las PCCCs son generalmente consideradas persistentes y clasificadas con potencial para el transporte atmosférico transfronterizo de largo alcance (PATLA) (Stockholm Convention, 2016). También pueden ser transportados como partículas suspendidas en el agua y partículas de polvo en el aire. Se detectaron PCCCs en

muestras individuales de aire recogidas en islas en el Ártico alto en concentraciones que oscilaban entre 1 y 8,5 pg / m<sup>3</sup> en muestras en fase gaseosa. Aunque las PCCCs no se degradan por fotólisis directa en el aire, estarían sujetas a ataques mediante radicales hidroxilo en la troposfera (Koh and Thiemann, 2001).

### **PERSISTENCIA EN EL AGUA**

En la fase acuosa, las velocidades de hidrólisis, fotólisis con radiación UV visible o cercana, oxidación y volatilización son insignificantes a temperatura ambiente. Estudios han demostrado que la degradación por microorganismos es posible debido a la capacidad de los microorganismos aeróbicos para oxidar las parafinas cloradas, dependiendo de su aclimatación, la longitud de la cadena y el grado de cloración (Hilger et al., 2011); No se espera que las PCCCs se degraden significativamente por procesos abióticos tales como la hidrólisis. Koh y Thiemann mostraron que las mezclas de PCCCs se sometieron a fotólisis rápida en acetona-agua con semividas de 0,7-5,2 horas. La vida media de un 52% de cloro en peso de PCCCs en agua pura, en las mismas condiciones, fue de 12,8 horas y fotoproductos incluidos n-alcanos. Estos resultados sugieren que la luz solar fotólisis puede ser una vía de degradación significativa para algunas PCCCs.

### **PERSISTENCIA DE PCCCs EN SUELO Y SEDIMENTO**

Se encontraron restos de PCCCs en los sedimentos superficiales de los lagos árticos (g / g de peso seco): 4.5) y (17.6) La concentración de residuos de PCCCs en sedimentos de los lagos Winnipeg, Manitoba y Yukon indicó que los residuos estaban presentes en las rodajas 1947. Los residuos de PCCCs en sedimentos observados en el Lago Ontario datan de 1949. El hecho de que los residuos de PCCCs se detectaron en sedimentos desde la década de 1940 es una prueba de que las PCCCs pueden persistir durante largos períodos en sedimentos ((Muir et al. 2000; Stockholm Convention, 2007).

### **BIOACUMULACIÓN DE PCCCs**



La presencia de PCCCs se informó en las islas Articas y Groenlandia, donde en la grasa de ballenas y morsas tenían concentraciones que van desde 199 a 626 ng/g de peso húmedo. Se observó que los perfiles de concentración para los mamíferos marinos del Ártico muestran un predominio de los congéneres C10 y C11 de longitud de cadena de carbono más cortos (Tomy et al., 2000). Los congéneres de PCCCs individuales tuvieron vidas medias en la trucha (7 a 53 días), más cortas que las de congéneres de PCB en estudios bajo las mismas condiciones (Muir et al., 2000). Los factores de bioacumulación (BAF) para los grupos de homólogos de PCCCs en el lago Ontario occidental en la trucha fueron de 114 a 444 días (ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Factores de bioacumulación para PCCCs en la trucha de Lago Ontario Occidental

Homólogo	Concentración en agua (ng/l)	Concentración en truchas <sup>a</sup> del lago ng/g peso húmedo	BAF <sub>ww</sub>
C10	0.16	3.4	21 250
C11	0.48	18.3	38 125
C12	0.98	33.6	34 286
C13	0.09	10.3	114 444
ΣC10–C13	0.18	65.7	36 500

<sup>a</sup> Concentraciones en pescado entero (peso húmedo), Fuente: Muir et al. 2000.

Los dodecanos clorados (C12) son las PCCCs más presentes en el agua del lago y el pescado. Los BAF más altos se observan para los tridecanos (C13). El BAF total para PCCCs (C10-13) en la trucha de lago del oeste del Lago Ontario es 36 500. Los factores de bioconcentración (BCFs) reportados para PCCCs varían entre diferentes especies, variando de <1 en algas marinas a 140000 en los moluscos. Los coeficientes de partición octanol/agua (K<sub>ow</sub>) para PCCCs varían en peces y moluscos de 5.06 a 8.12. (Tomy et al., 2000).

## FUENTES DE EXPOSICIÓN HUMANA



No se sabe que las parafinas cloradas (incluidas las PCCCs) se produzcan naturalmente (Government of Canada, 2009). Las dos fuentes principales de liberación de PCCCs en el medio ambiente son durante su producción y su uso. Durante la producción, la mayoría de las emisiones son a las aguas residuales y al aire y pueden alcanzar el ambiente marino vía los ríos y la atmósfera. Las PCCCs se producen cuando los sedimentos y las aguas superficiales de ríos, lagos, mares, aire y suelo se diseminan con lodos de depuradora, (Stockholm Convention, 2016). Las PCCCs fueron el segundo grupo de compuestos más abundante medido en el aire interior de los hogares en Francia (concentración de 45  $\mu\text{g g}^{-1}$  de polvo (Bonvallot et al., 2010) .La principal fuente ambiental de exposición humana son los alimentos y, en menor medida , agua potable (Harada et al., 2011) Se han medido niveles en alimentos de 30 a varios miles de  $\mu\text{g/kg}$  PCCCs En carpa (puerto de Hamilton) y trucha (Lago Ontario y Río Michigan) (Tomy et al., 2000; Houde et al., 2008. La evaluación de la UE (European Commission, 2005) consideró que un valor de absorción humano de 20  $\mu\text{g/kg pc}$  por día es un valor razonable para la detección de la presencia de PCCCs en muestras ambientales del Ártico y muestras terrestres remotas en el peor de los casos.

## **IMPLICACIÓN A LA SALUD HUMANA RELATIVA A LAS PCCCS**

### **Peligro para la salud**

La mayor parte de la exposición de los seres humanos a las PCCCs es el consumo de alimentos y algunas exposiciones resultantes de la inhalación y el contacto dérmico (Stockholm Convention, 2016). Se dispone de información limitada sobre la toxicocinética de las PCCCs correlacionadas con la longitud de la cadena y el grado de cloración y la exposición oral. La absorción (hasta aproximadamente 60%) ocurre por administración oral, la alta absorción está correlacionada con compuestos clorados bajos. Las PCCCs absorbidas se distribuyen a tejidos de alta actividad metabólica y/o alta tasa de proliferación celular después de la dosificación oral. En comparación con otros compuestos clorados (PCBs, plaguicidas, etc.), las PCCCs presentan menos efectos tóxicos

agudos y crónicos, menor reproducción y embriotoxicidad en aves y mamíferos (Tomy et al., 2000).

Los documentos de perfil de riesgo sobre la salud humana y el medio ambiente asociados con las PCCCs informan que son muy tóxicos para los organismos acuáticos. Las PCCCs pueden causar efectos toxicológicos en los mamíferos y pueden afectar el hígado, el sistema hormonal de la tiroides y los riñones, causando hiperactividad tiroidea, que a largo plazo puede conducir a carcinogenicidad en estos órganos. Las PCCCs también se clasifican como sospechosas de causar cáncer y se enumeran como destructoras endocrinas de categoría 1 para la salud humana. En 2009, la EPA recomendó que las dosis diarias de PCCCs para la población general no excedieran de 11 µg/kg por peso para la protección contra los efectos neoplásicos.

## REFERENCIAS

1. Bonvallet N., Mandin C., Mercier F., Le Bot B. and Glorennec P., Health ranking of ingested semivolatile organic compounds in house dust: an application to France, *Indoor Air*, 20, (2010).
2. EC (European Commission) 2005. Risk profile and summary report for short-chained chlorinated paraffins (SCCPs). Dossier prepared from the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Protocol on Persistent Organic Pollutants. European Commission, DG Environment.
3. Friden, U.E. McLachlan, M.S., Berger, U. Chlorinated paraffins in indoor air and dust: concentrations, congener patterns, human exposure, *Environ. Int.*, 37 (2011).
4. Glüge, J. Wang, Z. Bogdal, C. Scheringer, M. Hungerbühle. K. Global production, use, and emission volumes of short-chain chlorinated paraffins, minimum scenario. *Science of The Total Environment*, Volume 573, (2016).
5. Government of Canada. **2009**. Consultation Document on the Proposed Risk Management Measure for Chlorinated Paraffins).



6. Harada, K.H. Takasuga, T. Hitomi, T. Wang, P Matsukami H. Koizumi.A. Dietary exposure to short-chain chlorinated paraffins in Beijing, China. *Environmental. Science Technology*, 45 (2011).
7. Hilger, B. Fromme, H. Volkel, W. Coelhan. M. Effects of chain length, chlorination degree, and structure on the octanol-water partition coefficients of polychlorinated n-alkanes, *Environmental Science and Technology*, 45, (2011).
8. Houde, M. Muir D.C., Tomy G.T., Whittle D.M., Teixeira, Moore. C. S. Bioaccumulation and trophic magnification of short- and medium-chain chlorinated paraffins in food webs from Lake Ontario and Lake Michigan. *Environ. Science and Technology*. 42 (2008).
9. Koh, In-Ock, Thiemann, W.H.-P. Study of photochemical oxidation of standard chlorinated paraffins and identification of degradation products. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 2001.
10. Muir, D.C.G. et al. Short chain chlorinated paraffins: are they persistent and bioaccumulative. In: Lipnick, R. et al., ed. *Persistent, bioaccumulative and toxic substances*, Vol. 2. Washington, DC, ACS Books, (2000).
11. Serrone, D.M. et al. Toxicology of chlorinated paraffins. *Food and chemical toxicology*, **25**: 553–562, 1987.
12. Stockholm Convention, POPs Review Committee, 2007.
13. Stockholm Convention, POPs Review Committee, SCCPs Draft rRisk Management Evaluation, (2016).
14. Tomy, G.T. et al. Levels of C10–C13 polychloro-*n*-alkanes in marine mammals from the Arctic and the St Lawrence River. *Environ. Science & Technology*. 4, 34. (2000).
15. U.S. EPA (Environmental Protection Agency. Short-Chain Chlorinated Paraffins (SCCPs) and Other Chlorinated Paraffins, 2009. Action Plan.



VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITA DI BOLOGNA



South-Eastern Finland  
University of Applied Sciences

U. PORTO



UNIVERZITA  
KARLOVA



Universitatea  
TRANSILVANIA  
din Braşov



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales  
Headquarters office in Salamanca.  
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.  
Contact Phone: +34 663 056 665