



II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

Policlorobifenilos (PCBs) en Chile y su distribución en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas del Gran Santiago

Felipe Ramírez y Ana Lucia Prieto Santa*

Departamento de Ingeniería Civil – División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente (RHMA) -
Universidad de Chile

RESUMEN EXTENDIDO

Los Policlorobifenilos (PCBs) son Contaminantes Orgánicos Persistentes los cuales son un grupo de compuestos producidos e introducidos en el medio ambiente como consecuencia de actividades antropogénicas. Durante los últimos 50 años, los PCBs se han usado en nuestro territorio nacional y su principal fuente son los aceites dieléctricos [1]. Se ha estimado que de 700 toneladas de PCBs en Chile, 46% siguen en uso [1]. Los PCBs poseen propiedades químicas y físicas como la resistencia a la degradación o su acumulación en tejido, lo que los hace tóxicos y dañinos para los seres vivos. La Organización Mundial de la Salud junto a IARC (International Agency for Research of Cancer), los clasifica como cancerígenos para los humanos [2]. Entre los efectos de la exposición a los PCBs en la salud humana se encuentran la alteración de la función del sistema inmune y al sistema nervioso, como también en la piel, hígado, tiroides, sistema hormonal de esteroides, riñones, páncreas y al sistema cardiovascular [3].

En mayo del año 2004 se realizó la Convención de Estocolmo [4], cuyo propósito fue proteger a la población y al medio ambiente de estos y otros contaminantes, reduciendo o eliminando la producción de ellos. Con el Decreto Supremo N°38 publicado en 2005, emitido por el Ministerio de Relaciones Exteriores, Chile ratifica el Convenio de Estocolmo, en donde se tiene por objetivo detener, de forma inmediata, la producción de nuevos PCBs y eliminar para el 2025 el uso de equipos con PCBs, y para el 2028 gestionar ambientalmente desechos de PCBs [5]. A pesar de esto, diversos estudios han encontrado presencia de PCBs en distintos compartimientos ambientales a lo largo de Chile, incluyendo tejidos de animales como ganado vacuno y salmón (*Tabla 1*) [6].

*Corresponding autor: ana.prieto@uchile.cl



Tabla 1: Resumen de algunos estudios sobre PCBs realizados en Chile.

Sector	Origen muestras/Autor	Descripción	Resultados
Medio ambiente	Sedimentos de lagos (Karla Pozo et al, 2007)	Se analizaron muestras de sedimentos de cuatro lagos en la Cordillera de Los Andes (Chungará, Laja, Castor y Venus). Se obtuvieron 43 congéneres de PCBs.	Concentración promedio para los 10 primeros cm de profundidad en ng/g, peso seco. Chungará 1,2; Laja 5,0; Castor 3,2 y Venus 64,0.
	Sedimentos de estuario (Karla Pozo et al, 2014)	Se tomaron muestras de 9 lugares en el estero Lengua, en el Santuario de la Naturaleza de Hualpen, en la VIII Región de Chile Central. Se estudia la concentración como la suma de 26 congéneres.	Concentración de 9 lugares medidos en ng/g, peso seco: 136, 10.220, 9.513, 13.791, 1.619, 10.900, 4.888, 26 y 28. Promedio: 6.000±5.000
	Atmósfera (Karla Pozo et al, 2017)	A través de muestreadores de aire en Santiago, Concepción y Temuco; para zonas urbanas, industriales y rurales se tomaron muestras para cuatro periodos distintos, considerando 7 congéneres.	Promedio aritmético de pg/m ³ de PCBs. Per. 1: San. 9,8; Con. 14,4 y Tem. 3,6. Per. 2: San. 6,1; Con. 16,2 y Tem. 4,2. Per. 3: San. 16,1; Con. 9,4 y Tem. -. Per. 4: San. 16,9; Con. 11,9 y Tem. -.
	Mar en Chiloé (Mónica Montory et al, 2008)	En el sur de Chile, en la región de Los Lagos se analizaron muestras de sedimentos al interior del mar de Chiloé.	Se obtuvieron resultados entre 2,4 y 97,4 con un promedio de 37,7 y desviación estándar de 29,2; todo medido en ng/g, peso seco.
	Sedimentos en río Imperial (Ricardo Barra et al, 2004)	Se estudiaron muestras de sedimentos cerca a la desembocadura del río Imperial en la IX Región de la Araucanía, se detectaron 12 de 29 congéneres de PCBs.	Flujos de PCBs han ido en aumento desde los años 60. Niveles de PCBs son similares a ríos con poca intervención. Origen puede deberse a cercanía con Temuco.
Alimentaria y animales	Salmones de Patagonia (Mónica Montory et al, 2010)	Se analizaron muestras de carne de 12 salmones <i>in situ</i> en dos ríos de la Patagonia: Ñirehuao y Huemules. Se compararon concentraciones de PCBs por río y por sexo.	Para los ríos Huemules y Ñirehuao se obtuvo 9,4 y 14,1 respectivamente en ng/g peso húmedo. Para carne de machos 10,4 y hembras 7,3 ng/g peso húmedo.
	Carnes (San Martín, B.V., et al, 2016)	Se midieron concentraciones de distintos contaminantes, entre ellos el dl-PCB, en distintos animales entre años 2011-2014, obteniéndose concentración de dl-PCBs en pg/g de grasa	Para años entre 2011 y 2014 las concentraciones mínimas y máximas fueron: vacas 81,1 y 115,0, puercos 24,9 y 65,1, ovejas 16,0 y 96,5, pollos 89,8 y 171,0 y pavos 72,4 y 357,0.

PCBs en centros urbanos y plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS)

Debido a su persistencia en el medio ambiente, es posible transportar PCBs desde su fuente de origen a otros lugares mediante transporte de largo (e.g., efecto saltamontes) o corto alcance. En las ciudades, el uso doméstico y comercial de productos como pesticidas, solventes y equipos eléctricos, sumado al transporte por drenaje de vías y alcantarillado, favorecen la concentración de PCBs en las PTAS municipales. Varios estudios han demostrado la presencia de PCBs en planta, encontrando concentraciones de estos tanto en agua como en lodos y biosólidos, los cuales son lodos tratados biológicamente ([7], [8], [9], [10] y [11]). De estos estudios se deduce que la concentración de PCBs es mayor en lodos que en agua, y que la remoción es mayor en PTAS con procesos de tratamiento biológicos.

En este estudio se simulará el proceso de tratamiento de aguas servidas de la PTAS Trebal-Mapocho de Aguas Andinas, usando el software de modelación y simulación *GPS-X* para conocer la movilidad de los PCBs dentro de la planta (*Figura 1*). El conocimiento del

*Corresponding autor: ana.prieto@uchile.cl



- [5] Convención de Estocolmo, Página web de la Convención de Estocolmo, actualizado en octubre de 2017, <http://chm.pops.int/Implementation/IndustrailPOPs/PCBs/Overview/tabid/273/Default.aspx>
- [6] San Martín, B. V., Pizarro-Aranguiz, N., García-Mendoza, D., Araya-Jordan, C., Maddaleno, A., Abad, E., & Galbán-Malagón, C. J. (2016). A four-year survey in the farming region of Chile, occurrence and human exposure to polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, and dioxin-like polychlorinated biphenyls in different raw meats. *Science of the Total Environment*, 573, 1278–1286. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.132>
- [7] Jennifer Pontius and Alan Gaius Ramsay McIntosh, (2006). Science and the Global Environment: Case Studies for Integrating Science and The Global Environment.
- [8] Pham, T. T., & Proulx, S. (1997). PCBs and PAHs in the Montreal urban community (Quebec, Canada) wastewater treatment plant and in the effluent plume in the St Lawrence river. *Water Research*, 31(8), 1887–1896. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00025-0)
- [9] Blanchard, M., Teil, M. J., Ollivon, D., Garban, B., Chestérikoff, C., & Chevreuil, M. (2001). Origin and distribution of polyaromatic hydrocarbons and polychlorobiphenyls in urban effluents to wastewater treatment plants of the Paris area (FRANCE). *Water Research*, 35(15), 3679–3687. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00078-1)
- [10] Blanchard, M., Teil, M. J., Ollivon, D., Garban, B., Chestérikoff, C., & Chevreuil, M. (2001). Origin and distribution of polyaromatic hydrocarbons and polychlorobiphenyls in urban effluents to wastewater treatment plants of the Paris area (FRANCE). *Water Research*, 35(15), 3679–3687. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00078-1)
- [11] Pereira, M. D. S., & Kuch, B. (2005). Heavy metals, PCDD/F and PCB in sewage sludge samples from two wastewater treatment facilities in Rio de Janeiro State, Brazil. *Chemosphere*, 60(7), 844–853. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.01.079>
- [12] Vogelsang, C., Grung, M., Jantsch, T. G., Tollefsen, K. E., & Liltved, H. (2006). Occurrence and removal of selected organic micropollutants at mechanical, chemical and advanced wastewater treatment plants in Norway. *Water Research*, 40(19), 3559–3570. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.07.022>