

Análisis de Bifenilos Policlorados (PCBs) en suelo superficial y en niños de San Nicolás, Tequisquiapan, Querétaro

Costilla Rogelio¹, Pérez Iván¹, Trejo Antonio¹, Verdúzco Beatriz², Gómez Humberto², Torres Arturo¹, Díaz-Barriga Fernando¹.
¹Departamento de Toxicología Ambiental, Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí
²Centro de Estudios Académicos Sobre Contaminación Ambiental (CEACA) Universidad Autónoma de Querétaro

Antecedentes

De acuerdo con información del Instituto Nacional de Ecología (INE), la cantidad de PCBs existentes en México pertenecen en gran parte a equipo eléctrico de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), de Luz y Fuerza del Centro (LyFC), de Petróleos Mexicanos (Pemex) y del Sistema de Transporte Colectivo METRO y en menor proporción, a equipo de la industria de fabricación de transformadores, capacitores, del acero y minera, empresas con subestaciones propias y talleres de reparación de equipo eléctrico. En nuestro país no existen lugares para confinar, tratar o disponer adecuadamente material con un alto contenido de PCBs, lo que a dado lugar a la existencia de tiraderos clandestinos de transformadores y aceites contaminados con estos compuestos. Un sitio de gran importancia por contaminación de PCBs es la comunidad Ladrillera de San Nicolás en el Estado de Querétaro, pues el aceite empleado como combustible para la fabricación del ladrillo presentaba concentraciones altas de PCBs así como las cenizas de los hornos. México no se ha establecido medidas para la disposición o tratamiento de estos compuestos dentro de nuestro país, tampoco existen programas de biomonitorio de contaminantes en sitios de alto riesgo, todo esto ha impedido el establecimiento de una estrategia para prevenir y atender a la contaminación por PCBs en un esquema de salud pública.

En este estudio realizamos análisis de PCBs en suelo para evaluar la contaminación y la distribución de estos contaminantes en la comunidad de San Nicolás, también evaluamos a los niveles de PCBs en plasma de niños y niñas con edades de 6 a 9 años con el fin de determinar la exposición a 14 de los 209 PCBs, los cuales representan los congéneres que mayormente han aparecido en muestras humanas y mayormente utilizados en las mezclas comerciales



Análisis de PCBs en suelo

Se tomaron aproximadamente 500 g de suelo superficial, la muestra se colectó en recipientes de papel aluminio con su respectiva etiqueta y colocados dentro de bolsas de plástico en forma individual, se almacenaron a una temperatura de 4 °C hasta su análisis. El análisis fue realizado para PCBs totales por cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas.

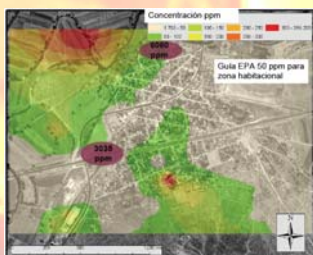
Resultados

Tabla 1.- Concentración de PCBs en muestras de suelo superficial colectadas en la comunidad de San Nicolás (ppb = µg/kg).

PCBs	Promedio n=36	mínimo	Máximo	Guía EPA
	316	2	6060	50 PPM

De las 36 muestras analizadas todas presentaban niveles de PCBs sin embargo el 30 % de las muestras (n=12) superan la Guía de referencia para suelo de lugares habitacionales propuesta por la EPA que es de 50 ppm, además 2 de estas muestras presentaban niveles demasiado altos: 3035 y 6060 ppm respectivamente.

Figura 1.- Estimación de la concentración de PCBs en suelo superficial de la comunidad de San Nicolás.



ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A SUELOS CONTAMINADOS CON PBCs.

La estimación probabilística de la exposición utiliza modelos matemáticos para representar la probabilidad de encontrar las diferentes dosis de exposición en una población con características específicas.

La estimación probabilística se realizó por medio de la técnica numérica de la simulación Monte Carlo (MC). La simulación MC es una técnica cuantitativa que hace uso de la probabilidad para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de fenómenos (procesos o eventos) reales. Se identifican variables (parámetros) cuyo comportamiento aleatorio determine el comportamiento del fenómeno. Primero se genera (con ayuda de la computadora) muestras aleatorias (valores) para cada uno de los parámetros; y después se analiza el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir *n* veces el experimento, disponemos de *n* observaciones sobre el comportamiento del modelo, las que nos serán de utilidad para entender el funcionamiento del mismo, nuestro análisis será más preciso cuanto mayor sea el número de *n* experimentos que llevemos a cabo. La ecuación general para calcular dosis de exposición es la siguiente.

$$\text{Dosis de Exposición (mg/kg/día)} = \frac{\text{Conc.} \times \text{TI}}{\text{PC}} \times \text{FE}$$

Para cada variable se identificó la distribución probabilística que defina a cada variable. Una vez que se han definido todos los parámetros de las ecuaciones, se realizó la primera iteración del modelo. Una iteración representa una combinación específica de valores de cada parámetro, realizar *n* veces la iteración se denomina modelar. El resultado es una Distribución probabilística de la dosis de exposición en el que se muestra tanto la probabilidad, como la frecuencia asociada de un valor específico de la dosis.

Estimación de riesgo a la salud

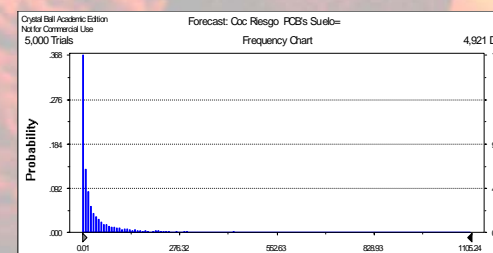
Para realizar la estimación probabilística del Riesgo a la salud con un MRL (minimal risk level, el nivel mínimo de riesgo para daño inmunológico) derivado de la exposición a PBCs medidos en el suelo, se tomaron en consideración los siguientes parámetros:

Tabla 3. Parámetros utilizados en la estimación probabilística de la exposición a PBCs por suelo.

Parámetros PBCs en Suelo	Distribución	Referencia	Media	DE
Concentración del PBCs en Suelo µg/ kg (ppb)	Log Normal	Muestreo	30.41	26.05
Ingesta diaria de Suelo (mg/día)	Log-Normal	Bibliografía	350	-
Peso corporal (6-9 años) kg	Log-Normal	Datos	30.31	8.16
MRL PBCs ORAL µg /kg-day	Valor Único	ATSDR PCBs	0.02	-

Se realizó una simulación con 5,000 repeticiones, con los parámetros antes descritos.

Figura 2. Distribución probabilística del riesgo a la salud estimado para PBCs por suelo.



La estimación del riesgo arroja que el 100% de la población estaría expuesta a niveles superiores de el Nivel de Riesgo Mínimo (MRL) al efecto adverso descrito por ATSDR

MONITOREO DE PCBs EN NIÑOS

Población Seleccionada

Las muestras de sangre fueron colectadas de niños de ambos sexos de edades entre 6 y 9 años, con tiempo de residencia de toda la vida en la comunidad de San Nicolás. Se colectaron un total de 43 muestras. A las familias seleccionadas se les explicó el estudio y se obtuvo su consentimiento para participar. Posteriormente, se hizo una cita para aplicar una serie de cuestionarios que investigan sobre el entorno, el historial de la familia (hecho muy importante para establecer tiempos de lactancia, hábitos alimenticios, lugares de trabajo y recreación, etc.) El grupo de la UASLP cuenta con experiencia en la evaluación de la exposición y en las condiciones de salud, por lo cual ya se tienen cuestionarios empleados previamente a partir de experiencias nacionales y de grupos externos. El estudio fue gratuito, anónimo, voluntario y cumplió con todos los requisitos del Comité Institucional de Bioética de dicha Universidad.

Resultados

Es importante señalar que los PCBs analizados fueron los congéneres: 28, 52, 99, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 156, 170, 180, 183, 187.

Tabla 2. Concentración de PCBs en plasma de niños habitantes de San Nicolás (ppb = µg/L).

PCB	Niños n = 43	NHANES niños
138	201 (nd - 271)	Percentil 50 nd Percentil 75 nd
153	143 (nd - 309)	Percentil 50 nd Percentil 75 nd
180	58 (nd - 86)	Percentil 50 nd Percentil 75 nd

Tabla 3. Intervalo de concentración de PCBs en plasma de niños expuestos (ppb = µg/L).

PCB	Niveles (mínimo-máximo)
138 n=16	(168 - 271)
153 n=20	(131 - 309)
180 n=3	(28 - 86)

El PCB 153 fue el que más encontramos en la población ya que lo pudimos cuantificar en 20 individuos, el PCB 138 en 16 individuos y el PCB 180 solamente en 3 individuos.

Discusión.

Suelo

Existen más de trescientos hornos ladrilleros en San Nicolás, todos los hornos no cuentan con una buena tecnología para generar una buena combustión y utilizan generalmente el mismo tipo de combustible como lo es: basura, madera o aserrín, en algunos casos lantitas y aceites, sin embargo no conocemos si todos los hornos utilizan aceite con PCBs o desde cuando lo utilizaron. Debido a la variedad de combustible utilizado, a la forma artesanal de elaboración de ladrillos y a que los hornos se encuentran, en su mayoría, dentro de la comunidad en los patios de las casas es muy probable que los individuos de la comunidad se encuentren expuestos, además de PCBs, a hidrocarburos aromáticos policíclicos, aldehídos, dioxinas, partículas suspendidas, entre otros. Esto implica que la exposición es a una mezcla de contaminantes.



Como se observa en la isocentración (imagen 1), la dispersión de la contaminación es de adentro del pueblo hacia fuera, sin embargo hay dos puntos que tienen concentraciones muy altas de PCBs y que ambos están dentro de la comunidad, esto implica que las personas del sitio pueden estar expuestas a concentraciones muy altas de PCBs, ya que si consideramos las propiedades físicas y químicas de estos compuestos, el suelo no sería el único medio contaminado, si no también, por la semivolatilidad de algunos congéneres; el Aire, el polvo y partículas suspendidas.

En conclusión, los suelos están contaminados, la contaminación se encuentra dispersa dentro y fuera de la comunidad, los niveles de contaminación son críticos y por lo tanto se necesita realizar alguna intervención para evitar la exposición de los contaminantes, sobre todo PCBs, con la población.

Riesgo por exposición a material contaminado con PBCs

Con las concentraciones encontradas de suelo superficial en este trabajo y empleando la estimación probabilística de la exposición, podríamos concluir que el riesgo a la salud (efecto inmunológico) por exposición a PCBs en suelo es muy alto. Sin embargo, al obtener biomarcadores de exposición nos dan una mayor perspectiva del contacto real que tiene la población y existen individuos que no están expuestos a los congéneres analizados pero aún así, los congéneres analizados en sangre podrían no ser los únicos y que podría haber otros que no analizamos; de ser este el caso, el riesgo a la salud se incrementaría.



Monitoreo biológico

Sobre los resultados de exposición humana, de las 43 muestras de sangre tomadas de los niños y niñas de la comunidad, en 23 no detectamos niveles de PCBs, con esto podemos inferir que la exposición no es tan homogénea en cuanto al contacto directo con el medio contaminado o la fuente de contaminación, si consideramos que todos los individuos tuvieron un tiempo de residencia de toda la vida, podría ser que hay puntos en donde la población no está en contacto con el contaminante o que la contaminación y la idiosincrasia química del individuo no es suficiente para generar un aumento en los niveles plasmáticos de PCBs.

Sobre los niveles encontrados, en la Tabla 2 presentamos los datos de un biomonitorio abierto de la población (no expuesta) de los Estados Unidos (EUA). En este país ninguno de los tres PCBs se detectó en tanto en San Nicolás si lo detectamos y en niveles que los podemos considerar altos. Un hecho interesante es que, los niños que presentaban niveles de PCBs en sangre, no presentaban gran variabilidad de la concentración de cada conégener, por ejemplo los niños con niveles del PCB 138 tienen un rango de concentración de 168 a 271 ppb y si consideramos que son 20 individuos podemos inferir que la exposición fue casi la misma para todos.

En conclusión la población presenta PCBs en su sangre y los tres congéneres encontrados se mostraron a concentraciones mayores a los registrados en la población no expuesta de los Estados Unidos. No todos los individuos de la población expuesta presentaban a los tres congéneres, sin embargo no podemos afirmar que estos son los únicos congéneres ya que solo analizamos los 14 más frecuentes; podría haber otros.

Referencias

- Environmental Protection Agency Washington, Dc. EPA 540-R-02-002. Osver 9285.7-45. Pb2002 963302.
- www.EPA.Gov/Superfund/Rags3a/Index.Htm.
- OPS 1999. Metodología De Identificación Y Evaluación De Riesgos Para La Salud En Sitios Contaminados Ops/Cepis/Pub/99.34.
- Informe Nacional: Estado del Manejo de PCBs en México. (1995). Preparado para la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) por ERM-México, S.A. de C.V.
- ATSDR. 2000. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs).
- EPA 1997. Exposure Factors Handbook. U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C. EPA/600/P-95/002a August
- EPA 2001. Risk Assessment Guidance For Superfund: Volume III- Part A, Process For Conducting Probabilistic Risk Assessment.
- INE. Instituto Nacional de Ecología. (2004). Metales y contaminantes Orgánicos persistentes en niños y muestras ambientales de 10 sitios contaminados.
- INE. Instituto Nacional de Ecología. (2003). Diagnóstico Nacional de Bifenilos Policlorados en México.