

DETERMINACION DE BIFENILOS POLICLORADOS EN SUELO DE LA POBLACIÓN DE SAN NICOLÁS, MUNICIPIO DE TEQUISQUIAPAN

Ana Lilia BARRÁN BERDÓN¹, Fernando DÍAZ_BARRIGA MARTINEZ³, Virgilio Antonio GARCÍA GONZALEZ¹, Humberto GÓMEZ RUIZ², Victor Manuel MONDRAGON¹, Gustavo PEDRAZA ABOYTES¹, Beatriz VERDUZCO CUELLAR¹

¹Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química. Cerro de las Campanas s/n Centro Universitario, Col. Las Campanas. Querétaro, Qro. CP 76010. Tel: +52(442) 192-1200 ext. 5547. e-mail: lilibarran@gmail.com verduzco@uaq.com. ²Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Departamento de Química Analítica. Ciudad Universitaria. México, D.F. Tel: +52(55) 5622-3786. hgomez@servidor.unam.mx. ³Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Medicina. Av. V. Varranza 2405. Tel.- 8-26-23-41 al 45 ext. 546. Tel Directo.- (01444) 8262354.

Palabras clave: aceites gastados, exposición, bifenilos policlorados, cromatografía de gases, espectrómetro de masas

RESUMEN

Para la producción de ladrillos la comunidad de San Nicolás cuenta con aproximadamente 300 hornos, los cuales se ubican en los patios de las casas, lo que permite que la población en general esté en contacto con los productos derivados de la combustión, así como con compuestos que su uso ha sido prohibido (bifenilos policlorados, BPCs). Lo anterior se ha debido a que estos se han mezclado con los aceites gastados utilizados como combustibles en este sitio. Los BPCs son persistentes en el medio, a temperaturas bajas de combustión generan dioxinas, ambos contaminantes se bioacumulan y se les asocia con afecciones neurológicas, hepáticas, a la tiroides e incluso con cáncer. El objetivo fue conocer si el suelo de esta población estaba contaminado con BPCs. Para lo anterior fueron tomadas 50 muestras a las que se les extrajeron los BPCs de acuerdo al capítulo 4 y 3540C del SW-846-EPA respectivamente. El análisis se realizó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), la adquisición de datos fue por monitoreo selectivo de iones (método 8082, SW-846-EPA). Los resultados obtenidos mostraron que todas las muestras contenían BPCs y únicamente dos de ellas no rebasaron los límites permitidos (NOM-33-SEMARNAT-2000), 21 muestras presentaron valores por arriba de lo establecido para suelos de uso residencial, de las cuales 10 rebasaron los límites para suelo de uso industrial. Los niveles de contaminación manifiestan la necesidad de complementar la evaluación de riesgo en salud, por lo que se han formado vínculos con instituciones públicas y académicas.

INTRODUCCIÓN

La población de San Nicolás, municipio de Tequisquiapan, Qro., cuenta con alrededor de 4,000 habitantes, de los cuales una gran parte se dedica a la

fabricación del ladrillo. La importancia económica de dicha actividad puede estimarse bajo el conocimiento de que en este sitio se ubican aproximadamente 300 ladrilleras, las cuales operan sistemáticamente, sin algún tipo de control ambiental.

La producción artesanal de los ladrillos consiste en preparar una mezcla de arcilla (suelo de San Nicolás) y agua, con la cual se elaboran los ladrillos, los cuales se dejan secar por uno o dos días, finalmente son cocidos en un horno artesanal usando como combustibles aceites gastados que han sido mezclados con residuos peligrosos (BPCs) lo que es de interés para el productor debido a que disminuye el costo de fabricación. Las características del horno así como las de los combustibles utilizados propician una combustión ineficiente, lo que contribuye por un lado a que el combustible no sea aprovechado adecuadamente y por otro genera la emisión de contaminantes al ambiente como son los productos derivados de la combustión, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), los contaminantes no comburentes contenidos en los aceites gastados como son los BPCs, así como los productos que se derivan de la combustión de los BPCs como son los furanos y las dioxinas.

Los diferentes tipos de BPCs son llamados congéneres y estos son diferenciados por el número y la posición de átomos de cloro en las moléculas. El grado de absorción de cada congénere disminuye conforme incrementa el número de átomos de cloro en la molécula (Bergman, 1982), otra vía importante de exposición a BPCs es la inhalatoria pues es comparable en la absorción y distribución con la vía oral, esto ha sido observado en ratas expuestas a mezclas en aerosol por vía inhalatoria (Benthe et al. 1972).

Cabe señalar que los bifenilos policlorados (BPCs), han sido considerados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América como unas de las 10 sustancias más peligrosas a la salud y al medio ambiente debido a su persistencia (EPA 1990); además de que la exposición a estos compuestos se han asociado con algunas formas de cáncer (ATSDR, 2004)

En humanos, la vía inhalatoria en individuos ocupacionalmente expuestos es la mas importante, en un estudio basado en la detección de congéneres individuales en tejido adiposo de trabajadores expuestos mostró que aproximadamente el 80% de los niveles observados se absorbieron por esta vía y el 20% restante pudo haber sido por la exposición dérmica u oral. La exposición oral a través del consumo de alimentos contaminados con BPCs es la ruta de exposición a BPCs de mayor importancia para la población no ocupacionalmente expuesta (Duarte-Davidson et al. 1994).

La alteración de las funciones endocrinas por contaminantes ambientales es uno de los principales temas que le conciernen a la toxicología ambiental, estos contaminantes son llamados también alteradores, desorganizadores o

moduladores endocrinos dentro de los cuales se incluye: bisfenol A, dieldrin, DDT (y sus metabolitos), Toxafeno, Bifenilos Policlorados (BPCs), Dioxinas/furanos y ftalatos.

Los efectos en la piel en personas altamente expuestas a BPCs se identifican como cloroacne y salpullido, por otro lado también pueden causar irritación en nariz y pulmones, molestias gastrointestinales, problemas hepáticos y sanguíneos, depresión y fatiga. Mientras que los efectos asociados con una exposición crónica a BPCs han sido: alteración del sistema nervioso central, altera el metabolismo y la acción de hormonas, genera una disminución en la respuesta del sistema inmunológico, además, tanto la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) y la Agencia Internacional para la investigación del cáncer (IARC) han determinado que los BPCs son probables cancerígenos en humanos (ATSDR, 2004).

Los BPCs alteran la homeostasis de las hormonas tiroideas por una gran variedad de mecanismos, uno de los primeros mecanismos observados para el decremento de tiroxina (T4) en suero es por medio del aumento de la UDP-glucuroniltransferasa, la cual está involucrada en la eliminación de la hormona T4 por medio de la conjugación, este mecanismo lo presentan también las dioxinas. La exposición prenatal, postnatal o durante el desarrollo del niño a BPCs puede dar como resultado cambios hormonales que pueden desencadenar cambios neurocomportamentales, lo anterior está asociado con una disminución en circulación de hormonas tiroideas durante el desarrollo (Takser et al. 2005). Por lo que respecta a la exposición prenatal, algunos BPCs atraviesan la barrera placentaria de la madre (Soechitram et al. 2004), por lo que se puede alterar el desarrollo del cerebro del feto, además una deficiencia preclínica de T4 por parte de la madre puede ocasionar efectos sobre el sistema psicomotor del hijo (Pop et al. 2003) (Haddow et al. 1999).

Deficiencias en el desarrollo han sido relacionadas a la exposición a BPCs los cuales son considerados neurotóxicos. Bajas dosis de estos compuestos han sido relacionadas con un decremento en el desarrollo psicomotor durante los primeros meses de vida (Gladden et al. 1988) (Despresa 2005). Un estudio realizado con niños involucrados en el accidente de YU-Cheng (el aceite de arroz fue contaminado con BPCs y utilizado para cocinar), que estaban expuestos a través de la leche materna presentaron una disminución en el coeficiente intelectual de hasta 5 puntos (Chen et al. 1992). En otro estudio sobre efectos neurológicos asociados por la exposición a BPCs se demostró que los hijos (11 años) de las mujeres que consumieron pescado contaminado con BPCs del lago Michigan presentaron una disminución en el coeficiente intelectual de 6.2 puntos. En este estudio el déficit aparenta ser relacionado con exposición prenatal y no postnatal a BPCs (Chen et al. 1992). Este tipo de compuestos alteran el desarrollo psicomotor, neurocomportamental y mental (lenguaje, cognición y patrones sociales principalmente (Tilson et al. 1998). Los BPCs pueden cambiar otros procesos filológicos que pueden ser importantes en el desarrollo. Tanto las moléculas de BPCs coplanares (con efectos similares a dioxinas) como las no planares presentan efectos adversos sobre el sistema neurológico, la mayoría de

los estudio sobre la neurotoxicidad de los BPCs esta relacionada con exposición a moléculas coplanares, sin embargo las moléculas de BPCs no planares reducen significativamente los niveles de dopamina norepinefrina y serotonina en ratas adultas (Seegal et al. 2004).

El daño a nivel de sistema inmune asociado a una exposición a BPCs se a observado en personas con una alta exposición a estos compuestos, el efecto observado ha sido una disminución en los niveles de linfocitos y células mononucleares en sangre periférica (Svensson et al. 1994), algunos de los efectos que se han observado en humanos por las características inmunotóxicas de los BPCs ha sido la susceptibilidad a infecciones en el tracto respiratorio en adultos y niños, incremento de las infecciones de oído en infantes, disminución de los niveles de anticuerpos IgA y IgM en suero y altera los niveles de linfocitos T (Chang K et al. 1981).

Los BPCs son compuestos que pueden durar muchos años en el ambiente hasta ser distribuidos por diferentes mecanismos, lo cual permite una mayor exposición a ellos. En el organismo estos compuestos pueden encontrarse en todos los compartimentos lipídicos del cuerpo humano como es la sangre y el tejido adiposo (Lanting1998) (Jensen et al. 1987), como se mencionó pueden traspasar barrera placentaria, pueden ser excretados por leche materna (Hooper 1995), lo que implica la exposición a los mismos incluso antes de nacer.

El riesgo que se asocia a la exposición a estos compuestos conlleva realizar estudios ambientales (niveles de bifenilos en muestras de suelo) que fue el objetivo del presente trabajo, además hace pertinente realizar estudios de exposición (niveles de BPCs en sangre) y estudios clínicos (evaluaciones neuropsicológicas y endócrinas en niños y genotóxicas en adultos).

En estas investigaciones hemos estado en coordinación constante con las autoridades competentes en materia ambiental y de salud (SSA, SEMARNAT, SEDESU, PROFEPA, COFEPRIS).

OBJETIVO

Determinar la concentración de BPCs en suelo de la población de San Nicolás.

MATERIALES Y MÉTODO

El muestreo de suelo para compuestos semivolátiles se realizó de acuerdo al método de la EPA SW-846 capítulo 4. Se tomaron aleatoriamente 50 muestras procedentes de los hornos, patios de las casas, así como de calles.

Posteriormente, las muestras fueron procesadas para obtener los BPCs utilizando extracción soxhlet con una mezcla de hexano-acetona 1:1 durante ocho horas (Método 3540C, de la SW-846, EPA).

El análisis de BPCs se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-MS), usando un cromatógrafo Agilent 6850 y un espectrómetro de masas Agilent 5973. La adquisición de datos se realizó por monitoreo selectivo de iones (SIM) (Método 8082, de la SW-846, EPA).

RESULTADOS

Las 50 muestras analizadas muestran contener BPCs, 21 muestras tiene concentraciones arriba de lo que marca la norma (NOM-133-SEMARNAT-2000) para suelo residencial (5mg/Kg.), solo dos de las 50 se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles para suelo de uso agrícola. En la **tabla I** se muestran las concentraciones de BPCs encontradas.

Es importante mencionar que la mayoría de los hornos se encuentran en los patios de las casas y que en la producción de ladrillos participa toda la familia, por lo cual la exposición a los contaminantes puede ser diariamente.

DISCUSIÓN

Todas las muestras procesadas contuvieron BPCs. El valor más alto fue de 1517.39 mg/kg y correspondió a una muestra obtenida de un lote donde se almacenan los aceites para su posterior distribución a las ladrilleras. Este sitio se ubica en la población de Bordo -Blanco (ubicada aproximadamente a 2km. de San Nicolás). En la población de San Nicolás el valor máximo encontrado en suelos fue 370.76 mg/Kg. El valor de concentración más bajo fue de 0.15 mg / kg.

CONCLUSIONES

Debido a que el problema de contaminación del suelo en esta zona ladrillera es evidente, se consideró prioritaria la restauración de los suelos del sitio, por lo que los resultados fueron entregados a las autoridades correspondientes. Es importante mencionar que en otros estudios han demostrado la presencia de estos compuestos en muestras de sangre de niños de la población de San Nicolás (Díaz-Barriga, resultados sin publicar). Lo anterior, hace necesario complementar el estudio de evaluación de riesgo en salud, debido a que estas especies tóxicas se les ha asociado con alteraciones de los niveles normales de las hormonas tiroideas, daños neurológicos, entre otros efectos adversos (ATSDR, 2004).

Tabla I. Concentraciones de BPCs en muestras de suelo de San Nicolás

Muestra	Ubicación	Concentración (mg/Kg)
N01-050705	José Federico Salvador Esq. Antonio Acosta (S)	4.30
N02-050705	Ma. Luisa Cruz García Calle José Federico Salvador (S)	15.00
N03-050705	12 de Octubre esq. José Federico Salvador (S)	3.17
N04-050705	Tereso García Gzl. Calle Insurgentes (L)	53.84
N05-050706	Al costado Hacienda, cerca del basurero (S)	2.47
N06-050705	Sebastian Ordaz Calle Leyes de reforma (L)	23.13
N07-050705	Demetrio Gonzalez Calle Insurgentes (S)	2.53
N08-050705	Fausto Hernandez Compuesta (S)	9.67
N10-050705	Carretera San Juan y calle S/N mezcla de suelo a un lado de ladrillera (L)	2.74
N11-050705	Carretera Esq. Rev. Mex. (S) mezcla de suelo de las 2 esquinas	1.47
N12-050705	Insurgentes Esq. Rev. Mexicana (S)	3.07
N13-050706	Juan Luis Alvares (L)	9.09
N14-050705	Jose Alvares (L)	3.86
N15-050705	Casimiro Morales García (L)	50.60
N16-050705	Leyes de Reforma entre Rev. Mexicana y Telesforo Trejo S/L	1.98
N17-050705	Samuel Ocho (S)	1.88
N18-050705	Independencia Carretera SJR (S)	1.18
N19-050705	Osvaldon Cervantes (S/L)	2.56
N20-050706	Vía FFCC entre Nacosari y Telesforo Trejo (S)	9.26
N21-050705	Jorge Gomez A. (S)	0.69
N22-050706	Cancha de Fut-bol carretera (S)	5.11
N23-050707	Punto 23 (S)	2.32
N24-050708	Cerca de las Vías y la carretera (S)	5.52
N25-050709	Punto 25 (S)	5.53
N26-050705	Ladrillera calle Cuauhtemoc # 11(L)	2.13
N27-050705	Punto 27 (S)	6.04
N28-050705	Punto 28 (S)	0.44
N29-050705	Punto 29 (S)	1.59
N30-050705	Punto 30 (S)	370.76
N31-050705	Punto 31 (S)	99.05
N32-050705	Punto 32 (S)	5.49
N33-050706	Punto 33 (S)	3.27
N34-050705	Punto 34 (S)	3.96
N35-050705	Calle Cuauhtemoc contra esquina de Fut-bol (S)	2.61
N36-050705	Centro de cancha de Fut bol (S)	0.83
N37-050706	Punto 37 (S)	2.39
N38-050705	Esq. Cancha de Fut bol	0.93
N39-050705	Punto 39 (S)	0.80

Muestra	Ubicación	Concentración (mg/Kg)
N40-050706	Cerca de antena (S)	
N41-050707	Tiradero Rio San Juan (S)	0.15
N42-050708	Sembradio Pedro Lira (S)	
N43-050705	Arroyo San Juan (S)	2.03
N44-050705	Insurgentes con Vía FFCC (S)	16.55
N45-050705	Punto 45 (S)	1.02
N46-050705	Hotel Villa Antigua y Ponderosa (S)	1.59
N47-050705	Antonio Malagon Escamilla -Patio- calle Adolfo Lopez Mateos (S)	11.05
N48-050705	Agustín Gamez -Patio- Calle Naranja, junto a la Noria (S)	125.92
N49-050705	Antonio Mejia dentro del aria de llenado de combustoleo (S)	1517.39
N50-050706	Antonio Mejia -Patio- Muestra compuesta (S)	31.94
N00-050705	Arroyo (part. Sedimentadas)	2.72

REFERENCIAS

ATSDR (2004) Toxicological profile for Polychlorinated Biphenyls. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. US Public Health Service. Atlanta, GA.

Benthe H., KNOP J., SCHMOLDT A. (1972). Aufnahme und verteilung nach inhalation polychlorierter biphenyle (PCB). *Archiv fur Toxicologie*, 29: 85–95

Bergman A., Larsen G., Bakke J. (1982). Biliary secretion, retention and excretion of five 14C-labelled polychlorinated biphenyls in the rat. *Chemosphere*, 11: 249–253

Chang K., Hsieh K., Lee T., (1981). Immunologic evaluation of patients with polychlorinated biphenyl poisoning: Determination of lymphocyte subpopulations. *Toxicol Appl Pharmacol* 61:58-63.

Chen Y., Guo Y., Hsu C., Rogan W. (1992). Cognitive development of Yu-Cheng (oil disease) children prenatally exposed to heat-degraded BPCs. *JAMA* 268:3213–3218.

Despresa Ch., Beuterb A., Richera F., Poitrasc K., Veilleuxd A., Ayottee P., Dewaillye E., Saint-Amourf D., Muckleg G. (2005). Neuromotor functions in Inuit preschool children exposed to Pb, BPCs, and Hg. *Neurotoxicology and Teratology*. 27(2):245-257.

Duarte-Davidson R., Jones K. (1994). Polychlorinated biphenyls (BPCs) in the UK population: estimated intake, exposure and body burden. *Science Total Environmental* 151:131-152.

EPA, Environmental Protection Agency, (1990). Drinking water criteria document for polychlorinated biphenyls (BPCs). Cincinnati, OH, US.

Gladen B., Rogan W., Hardy P., Thullen J., Tingelstad J., Tully M. (1988). Development after exposure to polychlorinated biphenyls and dichlorodiphenyl dichloroethene transplacentally and through human milk. *J. Pediatr.* 113 991–995.

Haddow J., Palomaki G., Allan W., Williams J., Knight G., Gagnon J., O’Heir Ch., Mitchell M., Hermos R., Waisbren S., Faix J., Klein R. (1999). Maternal thyroid deficiency during pregnancy and subsequent neuropsychological development of the child. *The New England Journal of Medicine* 341(8):549-555

Hooper K., Clark G. C., (1995). Workshop on Perinatal Exposure to Dioxin-like Compounds. VI. Role of Biomarkers. *Environmental Health Perspectives.* 103:Supplement 2

Jensen A. A., (1987). Polychlorobiphenyls (BPCs), polychlorodibenzo-pdioxins (PCDDs) and polychlorodibenzofurans (PCDFs) in human milk, blood and adipose tissue. *Science of the Total Environment.* 64:259–293

Lanting C. I., Fidler V., Huisman M., Boersma E. R., (1998). Determinants of Polychlorinated Biphenyl Levels in Plasma from 42-Month-Old Children. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology:* 35, 135–139.

Pop V., Brouwers E., Vader H., Vulsma T., van Baar A., Vijlder J. (2003). Maternal hypothyroxinaemia during early pregnancy and subsequent child development: a 3-year follow-up study. *Clinical Endocrinology (Oxf)* 59:282–288.

Seegal R. (2004). A review of the neurotoxicity of non-dioxin-like polychlorinated biphenyls. *Orgaoahalogen Compounds* Volume 66

Svensson B., Hallberg T., Nilsson A., Schutz A., Hagmar L. (1994). Parameters of immunological competence in subjects with high consumption of fish contaminated with persistent organochlorine compounds. *Int Arch Occup Environmental Health* 65:351–358.

Takser L., Mergler D., Baldwin M., Grosbois S., Smargiassi A., Lafond J. (2005). Thyroid Hormones in Pregnancy in Relation to Environmental Exposure to Organochlorine Compounds and Mercury. *Environmental Health Perspectives.* 113: 1039-1045.

Tilson HA. (1998). Developmental neurotoxicology of endocrine disruptors and pesticides: identification of information gaps and research needs. *Environmental Health Perspectives;*106:807-811.