

Bioacumulación de Bifenilos Policlorados en personal de mantenimiento de transformadores de distribución

JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA
CANO MOREIRA YUSARA LISSETTE

Bioacumulación de Bifenilos Policlorados en personal de mantenimiento de transformadores de distribución



Bioacumulación de Bifenilos Policlorados en personal de mantenimiento de transformadores de distribución

JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA
CANO MOREIRA YUSARA LISSETTE



Bioacumulación de Bifenilos Policlorados en
personal de mantenimiento de
transformadores de distribución

© JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA
CANO MOREIRA YUSARA LISSETTE
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

2021,

Publicado por acuerdo con los autores.

© 2021, Editorial Grupo Compás
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador
Primera edición

ISBN: 978-9942-33-493-0



Cita.

Neira, J., Cano, Y. (2021) Bioacumulación de Bifenilos Policlorados en personal de mantenimiento de transformadores de distribución. Editorial Grupo Compás.

INTRODUCCIÓN

Los bifenilos policlorados (PCBs), forman parte de un grupo de 209 compuestos orgánicos que están formados de dos anillos de benceno conectados por un doble enlace de carbono, sustituyéndose los átomos de cloro en uno o más de los 10 vértices disponibles, Los congéneres de PCBs con mayor contenido de cloro son prácticamente insolubles en agua y sumamente resistentes a la degradación (PNUMA, 2002).

Debido a sus propiedades físicas y químicas, estos compuestos orgánicos fueron sintetizados y producidos por la industria química internacional. Se sintetizaron por primera vez en la mitad del siglo XIX a escala de laboratorio, y comercialmente se fabricaron desde 1930 (CRBAS, 2013). Si bien es cierto, en la actualidad es una realidad a nivel global que un amplio espectro de la población humana presenta concentraciones detectables de varios compuestos orgánicos persistentes (COPs).(Persky, 2012).

En el medio ambiente se producen también efectos devastadores (Robertson y Hansen, 2015), al ser bioacumulables estos han podido ser detectados en todas las escalas de la cadena alimenticia como peces, focas,

pájaros y finalmente humanos (Porta, 2008), los PCB con cinco o más átomos de cloro son bastante resistentes a la biodegradación (Gabryszewska y Gworek, 2020). La vida media del producto en el suelo es de cinco años. Se filtran en el manto terrestre y pueden llegar a contaminar aguas subterráneas (Proyecto ADA, 2015).

Los PCB pueden transportarse en el aire a grandes distancias y extenderse por casi todo el mundo. Los PCB del aire se transfieren a las superficies del suelo a través de la deposición de partículas secas (Degrendele *et al.*, 2020). Los PCB también pueden transportarse unidos a suelos o sedimentos erosionados. Los PCB son hidrófobos, por lo que se transportan junto con un material particulado a los niveles inferiores de la cuenca (Dias-Ferreira *et al.*, 2016). Se cree que los ecosistemas marinos son los receptores finales de muchos contaminantes (Walker *et al.*, 2002). Un grupo de contaminantes presentes en los ecosistemas marinos son los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y los contaminantes orgánicos persistentes (COP), incluidos los compuestos organoclorados (OC) donde se incluyen los PCB. La migración de estos contaminantes en el medio ambiente depende de las propiedades de los compuestos químicos individuales y los procesos que ocurren en el medio ambiente (Pouch *et al.*, 2021).

El transporte atmosférico de largo alcance y las reacciones de condensación química son responsables de la distribución generalizada de compuestos como los HAP y PCB en sitios tan distantes de su producción y uso como en el Ártico (Zaborska *et al.*, 2011). Los riesgos ecológicos del suelo causados estos contaminantes se han convertido gradualmente en un problema mundial (Zhang *et al.*, 2019), ya que además de ingresar a la cadena trófica, pueden infiltrarse en aguas superficiales y subterráneas, amenazando la calidad de vida de comunidades alrededor de mundo (Peng *et al.*, 2020).

A causa de estos efectos, los bifenilos policlorados fueron incluidos en el Convenio de Estocolmo en el año 2009, restringiendo su uso, e incluyendo además planes de minimización y eliminación de los contaminantes enlistados, garantizando además la asignación de recursos para la operatividad de los planes (PNUMA, 2001).

Los PCB se atribuyen a toxicidad para la reproducción (Meeker y Hauser, 2010), inmunotoxicidad (Crinnion, 2011) y efectos neurotóxicos (Fonnum y Mariussen, 2009). El contacto relacionado con el trabajo con material contaminado con PCB representa una exposición adicional en forma de inhalación y de ingestión cutánea de PCB (es decir, LPCB y dlPCB con menor grado de cloración) (Faroon *et al.*, 2003). Investigaciones anteriores también

han descrito efectos diferenciales en la salud de los diferentes tipos de PCB y OH-PCB (Carpenter, 2006).

La exposición a los PCB inhibe el sistema inmunológico, lo que aumenta el riesgo de contraer varias enfermedades humanas (Schettgen *et al.*, 2011). Tanto los congéneres orto-sustituidos como coplanares (similares a las dioxinas) son promotores de tumores que potencian los efectos de otras sustancias cancerígenas (Safe y Hutzinger, 1984). Hasta su prohibición total a través del Convenio de Estocolmo, los PCB se usaban ampliamente en capacitores o transformadores eléctricos, fluidos hidráulicos, lubricantes, fungicidas y pesticidas, pero también como retardadores de llama y plastificantes (Kraus *et al.*, 2012). En consecuencia, todavía existen posibles exposiciones en la actualidad durante la eliminación o el reciclaje de material contaminado.

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP se fundó en primera instancia como CNEL S.A. en el año 2008, en el año 2013 mediante Decreto Ejecutivo Nro. 1459 se constituyó como Empresa Pública, actualmente es la empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica más grande de Ecuador, sirviendo a 2,3 millones de clientes con una cobertura de 96% dentro de su área de concesión (CNEL, 2016). Dentro de las operaciones de CNEL EP

existe el mantenimiento y reparación de transformadores de distribución que hasta el 2009 contenían PCBs, ya que a partir de este año fue prohibido el uso de PCBs, sin embargo, este compuesto orgánico persistente había sido usado en Ecuador desde aproximadamente 50 años.

La investigación se encuentra segmentada por capítulos, siendo los siguientes:

En el primer capítulo, consta la problemática, antecedentes de la investigación sobre bioacumulación de ión cloro en personal de mantenimiento de transformadores de distribución en CNEL EP.

En el segundo capítulo el marco teórico de la investigación consta de dos partes: marco conceptual donde se enlista las principales definiciones referentes al tema de investigación; en el marco teórico se encuentra las teorías sobre exposición a bifenilos policlorados y sus efectos.

En el tercer capítulo se describe la metodología, con los tipos de investigación, métodos, población y muestra para la obtención de datos, así como las fuentes y herramientas para la recopilación de información pertinente.

UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Esta investigación se realizó considerando los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores operativos que conforman las once Unidades de Negocio CNEL EP, para dicha consideración se tomó características en las instalaciones que, dadas su presencia, antigüedad, voltaje, concentración de bifenilos policlorados, pueden suponer un riesgo para aquellos individuos que deban operar en estos medios.

Los PCB pueden contaminar todas las matrices ambientales: agua, aire y suelo. Ingresan a ellas durante su uso y disposición, como consecuencia de derrames accidentales o escapes al momento de su transporte y por escapes o incendios de productos que los contenían.

Así también, los PCB se han utilizado ampliamente en aplicaciones comerciales tanto para la industria como en artículos de consumo. Estos artículos fueron analizados por la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), y se han clasificado de acuerdo con su facilidad de escape hacia el ambiente en tres categorías: usos cerrados, usos parcialmente cerrados y usos abiertos (International Programme on Chemical Safety, 1976).

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP es responsable de la prestación del servicio eléctrico en 10 provincias del Ecuador y parcialmente en 7, abarcando una superficie de 114.194,60 km², equivalente al 45 % del territorio ecuatoriano, donde se encuentran localizados el 50 % de los clientes a nivel nacional, ofreciendo el servicio de distribución eléctrica a un total de 2,3 millones de abonados (Memoria de Sostenibilidad CNEL EP, 2016).

En el medio ambiente los PCB puede producir efectos devastadores, al ser bioacumulables, ya que estos han podido ser detectados en todas las escalas de la cadena alimenticia como peces, focas, pájaros y finalmente humanos (Porta, 2008), los PCB con cinco o más átomos de cloro son bastante resistentes a la biodegradación. La vida media del producto en el suelo es de cinco años. Se filtran en el manto terrestre y pueden llegar a contaminar aguas subterráneas (ProyectoADA, 2015).

A causa de estos efectos, los bifenilos policlorados fueron incluidos en el Convenio de Estocolmo en el año 2009, restringiendo su uso, e incluyendo además planes de minimización y eliminación de los contaminantes enlistados, garantizando además la asignación de recursos para la operatividad de los planes (PNUMA, 2001).

En el caso de los trabajadores de CNEL EP se pretende determinar si existe bioacumulación, a causa de su exposición prolongada en instalaciones que aún contienen este contaminante, con la finalidad que permita establecer algún tipo de correlación entre estos factores.

Desde hace aproximadamente 80 años, los PCBs han sido utilizados como líquidos aislantes en transformadores de energía eléctrica, dado que poseen una excelente resistencia al fuego (UNEP, 1995), así también su uso se amplía a capacitores dado su alta conductividad, y otros productos de acceso frecuente como resinas sintéticas, parafinas, lubricantes, pinturas epóxicas, aceites hidráulicos, barniz, entre otros.(Arrebola, 2010) Sin embargo, los PCBs han sido catalogados como uno de los 5 contaminantes orgánicos más tóxicos para organismos vivos según la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades ATSDR (ATSDR, 2016).

Existe referencia bibliográfica que afirma que los PCBs en cualquiera de sus formas son causales de enfermedades tales como problemas inmunológicos (Serdar, 2014), cancerígenos, endocrinológico en adultos y en trazas menos significativas daño cerebral en fetos, por lo que se ha relacionado los niveles de PCBs en sangre con enfermedades como cáncer en el sistema linfático(INCHEM, 2003), y dado que este se puede

acumular en la cadena alimenticia, ya que se absorben rápidamente en el tracto gastrointestinal y se distribuyen acumulándose en el hígado y tejido adiposo en cáncer de aparato digestivo, de hígado y de piel (Lauby-Secretan *et al.*, 2013).

Las características de los PCB's que los hicieron valiosos para la industria, también los convierten en un problema cuando se liberan al ambiente. Cuando hay un derrame de PCB's estos pueden migrar al suelo, al agua subterránea y al aire, siendo arrastrados a otras regiones, países o continentes, contaminando grandes extensiones (Porta, 2008).

Se ha determinado que un litro de PCB's en el agua, crea una capa superficial de más de 8.000 m² y contamina aproximadamente un millón de litros de agua potable. De esta forma puede ser contaminada el agua de los mares, ríos, lagos, lagunas, afectando a la fauna presente (Huetos *et al.*, 2013).

Cuando existe un incendio de equipos con PCB's, el humo y las emanaciones pueden generar altas concentraciones de dioxinas y furanos que son mucho más tóxicos, contaminando de esta forma grandes áreas de aire, agua y tierra. Las dioxinas son las sustancias más dañinas que se conocen, son cinco millones de veces más tóxicas que el

cianuro y se ha comprobado que son cancerígenas (Persky, 2012).

Los PCB's que son liberados al medio ambiente, pueden entrar al cuerpo humano y al de los animales a través de la inhalación, contacto cutáneo o por ingestión (Rudel, 2008).

Al entrar los PCB's en el cuerpo humano y de los animales, se resisten a la descomposición y no son expulsados mediante procesos de excreción o secreción, sino que quedan en los tejidos grasos y en los órganos del cuerpo, acumulando cada vez más concentraciones de estos elementos en su organismo. Este efecto de concentración es llamado bio-acumulación (Rudel, 2008).

Otro efecto importante es el conocido como bio-ampliación. Esto ocurre cuando las especies contaminadas ubicadas en los niveles más bajos de la cadena alimenticia (por ejemplo el plancton en el océano o los gusanos en el río) son consumidos por seres más altos de la cadena alimenticia (peces, animales y los humanos) (Sobek *et al.*, 2010), con lo que las concentraciones de PCB's que se producen son más elevadas en los seres vivos que se ubican un nivel más alto de esta cadena. De esta forma, lo que comenzó como una baja concentración de PCB's en el aire o en el agua, se concentra más y más a medida que

éstos van subiendo por la cadena alimenticia, llegando a ser mayor en el ser humano por encontrarse en la parte superior de la cadena. (Sedar, 2014).

ACEITE DIELECTRICO

Es un aislante eléctrico con alta estabilidad térmica y elevada resistencia a la oxidación, el cual disminuye el campo eléctrico entre las placas del condensador. Se denomina dieléctrico al material mal conductor de electricidad. (Carpenter, 2009).

BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)

Los PCB son compuestos aromáticos formados de manera tal que los átomos de hidrógeno de la molécula de bifenilo (dos anillos de benzeno unidos por una única unión carbono-carbono) pueden ser sustituidos por hasta 10 átomos de cloro. Se han utilizado en abundancia desde 1930 en diversas aplicaciones industriales, tales como material aislante de transformadores y condensadores, fluidos de intercambio térmico, aditivos de pinturas, papel autocopiante y plásticos. Son contaminantes orgánicos persistentes (COPs). Se caracterizan por ser bioacumulables en los tejidos grasos de los organismos vivos, por su resistencia a la degradación y por viajar largas distancias sin perder sus características, además, por su

inercia química, la resistencia al calor, la no inflamabilidad, la baja presión de vapor y el alta constante dieléctrica. La toxicidad de los PCB depende del número y la posición de los átomos de cloro en una o más de las 10 posiciones disponibles del bifenilo. (Convenio de Basilea, 1993).

COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (COPS)

Son sustancias químicas orgánicas, es decir, a base de carbono, que poseen una combinación particular de propiedades físicas y químicas las cuales una vez liberadas en el ambiente pueden:

Permanecer intactas durante períodos excepcionalmente largos de tiempo (muchos años)

Distribuirse ampliamente en el ambiente como resultado de procesos naturales, involucrando al suelo, agua y en particular aire (Safe, 1992).

Acumularse en tejidos grasos de los organismos vivos, incluyendo los seres humanos y se encuentran en concentraciones más altas en los niveles superiores de la cadena alimentaria (Brouwer *et al.*, 1999).

Son tóxicos para los seres humanos y la vida silvestre. (Convenio de Estocolmo, 2004).

CROMATOGRAFÍA DE GASES

Es una técnica de análisis en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica cerrada en la que se encuentra retenida la fase estacionaria y por la que se hace pasar el gas portador, la técnica de separación por tanto es la elución. La cromatografía tiene como objetivo determinar la identidad y concentración de los componentes de una mezcla.

DESCONTAMINACIÓN

El conjunto de operaciones que permiten que los equipos, materiales o fluidos contaminados por PCB puedan reutilizarse o reciclarse en instalaciones y condiciones seguras para la salud humana y el ambiente. La descontaminación podrá incluir la sustitución de los fluidos con contenido de PCB por fluidos adecuados que no contengan PCB. (Decreto Real Español, 1999).

EQUIPO

Todo equipo de uso industrial o de uso eléctrico que para su funcionamiento utilice aceite dieléctrico, por ejemplo, transformadores, resistencia, inductor, arrancador, equipo con fluido, equipo subterráneo, capacitores, condensadores, disyuntores, interruptores, entre otros.

EQUIPO CONTAMINADO CON PCB

Todo equipo de uso industrial o de uso eléctrico que contiene una concentración igual o mayor a 50 ppm o 10 µg de PCB / 100cm², como se puede identificar en la tabla 3 a continuación.

EQUIPO NO CONTAMINADO CON PCB

Todo equipo de uso industrial o de uso eléctrico que contiene una concentración menor a 50 ppm o 10 µg de PCB / 100cm².

KIT COLORIMÉTRICO

Es un método cualitativo de detección que funciona mediante la determinación de ión cloro. Usando el kit de prueba se determina la ausencia o posible presencia de PCB. Este método permite identificar las muestras que deben ser enviadas para cuantificación por otra técnica como cromatografía de gases, como se puede visualizar a continuación en la tabla 4 Tipos de pruebas a equipos con aceite dieléctrico.

PASIVO AMBIENTAL

Es aquel daño ambiental y/o impacto ambiental negativo generado por una obra, proyecto o actividad productiva o económica, que no ha sido reparado o restaurado, o aquel que ha sido intervenido previamente, pero de forma inadecuada o incompleta y que continúa presente en el ambiente, constituyendo un riesgo para cualquiera de sus componentes. Por lo general, el pasivo ambiental está asociado a una fuente de contaminación y suele ser mayor con el tiempo. (Ministerio del Ambiente, 2015).

RELLENADO O SUSTITUCIÓN

El reemplazo de los aceites o fluidos dieléctricos que contengan PCB en un equipo por aceites o fluidos dieléctricos que no contengan PCB. (ONU PNUMA, 2006).

TRABAJOS SOBRE EFECTOS DE BIFENILOS POLICLORADOS

Ya en el año 1980 se empezaba a publicar trabajos en los que se detectó presencia de PCB en sangre en trabajadores eléctricos, este trabajo fue realizado en la Universidad de Milán, Italia (Maroni *et al.*, 1981).

En este trabajo se identifica a la exposición a PCB como uno de los problemas más importantes de la industria

eléctrica, y esa determinación puede ser usada como un bioindicador industrial y ambiental de contaminación por PCB.

Sirve para la formulación del marco teórico, fomentándose en las investigaciones de contaminación y exposición a PCB que se realizaron al principio como estudios exploratorios.

Con la investigación descriptiva se llegó a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas.

Cada una de las partes que caracterizan al fenómeno a investigar se identificó y analizó, y permitió establecer una relación causa – efecto entre los elementos de estudio.

Por medio de la observación de fenómenos particulares presentes en los trabajadores de CNEL EP, se tomaron las conclusiones generales que nos permitieron elaborar la propuesta de solución.

o no de bifenilos policlorados.

Las fuentes primarias, corresponden a Memorias de Sostenibilidad de CNEL EP, así como datos proporcionados por la empresa.

Las fuentes secundarias corresponden a textos, libros, páginas de internet y la normativa correspondiente al manejo de PCB emitido por el Ministerio del Ambiente.

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE PCBS EN ACEITES DIELECTRICOS

Es importante conocer si un equipo que se encuentra en funcionamiento o fuera de servicio contiene PCBs, información que sirvió para establecer las medidas a tomar para el adecuado tratamiento y evitar la contaminación.

Los contenidos o concentraciones de PCBs se determinan en partes por millón (ppm), en miligramos por kilogramo (mg/Kg) o en porcentaje en peso (%). Las equivalencias entre éstas se indican a continuación:

- 1 ppm = 1 mg/Kg
- 1000 ppm = 1 por mil en peso = 0.1% en peso

De acuerdo a la legislación nacional (Acuerdo Ministerial Nro. 146) la que establece lo siguiente:

- Mayor a 500 ppm: Sustancia “pura de PCB’s”
- Mayor a 50 a 500 ppm: Sustancia contaminada con PCB’s
- De 5 a 50 ppm: Sustancia no contaminada con PCB’s
- Menor a 5 ppm: Sin PCB’s.

Existen varios métodos para identificar y determinar si un equipo contiene bifenilos policlorados (PCB's), entre los cuales podemos indicar:

PLACA DE IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE

Una de las formas para determinar si un equipo contiene PCB's es mediante la placa de identificación colocada por el fabricante, pues en parte de éstos se indica el tipo y/o características del aceite dieléctrico utilizado, con lo cual se podrá saber si contiene o no este compuesto, así como el peso y volumen del dieléctrico. Además es de utilidad obtener todos los datos de la placa.

Varios fabricantes de transformadores tienen en la placa de identificación la indicación que no contienen PCB's, pero si es antiguo es probable que el aceite haya sido cambiado o rellenado con otro que contiene PCB's. Además existen transformadores sin placa de identificación que determine el tipo de aceite que contiene. En ambos casos, se debe partir del supuesto que contiene PCB's hasta que se demuestre lo contrario, por lo que se deben tomar las precauciones correspondientes.

Si el equipo no tiene placa de características o si dispone pero no indica el tipo de aceite, se deben obtener muestras del dieléctrico con personal debidamente capacitado para el efecto y realizar pruebas correspondientes siendo las que a continuación se describen.

PRUEBAS PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE PCB'S

Es importante identificar correctamente los aceites dieléctricos que contienen PCB's en transformadores y otros equipos. Una vez obtenidas las muestras es necesario realizar las pruebas, las que pueden ser cualitativas y cuantitativas, mediante análisis simples de campo o en laboratorio.

Prueba de densidad.- Los aceites que contienen PCB's son más pesados que el agua por tener átomos de cloro, pudiendo llegar su densidad a 1.56 g/ml, en tanto que los aceites minerales generalmente son inferiores a 1 g/ml. En base a este principio un método práctico consiste en agregar unas gotas de aceite en recipiente con agua y si el aceite se va al fondo tiene la posibilidad de contener PCB's.

Prueba del cloro.- La presencia de cloro puede detectarse mediante un sencillo análisis químico. Si se enciende un compuesto que contiene cloro en presencia de cobre, se produce una llama verde, ya que se forman pequeñas cantidades de cloruro de cobre en la superficie del cobre y esta sustancia al volatilizarse produce una característica llama verde. Este procedimiento se realiza colocando aceite en un pedazo de cobre para establecer la posible presencia de PCB's.

Utilización de kits de prueba rápida.- Este método consiste en el uso de un kit de ensayo colorimétrico (Colorimetric Test Kit), denominado Clor-N-Oil de la fábrica Dexsil Corporation, trabaja por el principio de determinación de cloro, con el que se puede identificar PCB's en los aceites dieléctricos.

Los kits de prueba que se fabrican son Clor-N-Oil 20, Clor-N-Oil 50, Clor-N-Oil 100 y Clor-N-Oil 500, para determinar si la muestra puede tener valores superiores o inferiores a 20, 50, 100 y 500 ppm de PCB's respectivamente. Para determinar la presencia de PCB's en aceites dieléctricos se utilizó el Kit colorimétrico Clor-N-Oil 50.

La prueba trabaja por el principio de detección de cloro. Por lo tanto, la contaminación con sal (cloruro de sodio), agua de mar, sudor (transpiración) etc, podría dar como resultado un falso positivo y serán necesarias pruebas de laboratorio adicionales.

Mediante este tipo de pruebas se pueden determinar las concentraciones de PCB's en aceites dieléctricos, agua, o suelo.

Existen varios métodos, dependiendo del grado de precisión, generalmente se realizan en laboratorios, siendo entre los principales los que a continuación se describen:

ANÁLISIS CON EQUIPO L2000DX ANALYZER

Este equipo es portátil y puede ser utilizado en el campo o en el laboratorio y es efectivo en un rango de 5 a 5000 ppm de PCB's. El equipo es de marca DEXSIL, modelo L2000 Analyzer Chlorinated Organics, de procedencia USA, cumple con la norma US EPASW-846-9078. Sirve para realizar pruebas de contenidos de PCB's en aceites, agua, suelo y desechos.

Su funcionamiento se basa en el principio electroquímico de ión cloro. Para las pruebas se utilizan reactivos que dependen del tipo de muestra que se vaya a analizar (aceite, agua, suelo, etc.). Todos los reactivos, tubos de ensayo, filtros y ampolla de vidrio para el análisis son proporcionados por el fabricante del equipo.

ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA

Este tipo de análisis se realizan en laboratorios especializados, existiendo diferentes tipos de cromatografía, para el caso del sector eléctrico, es necesario

para la prueba el volumen de 30 cm³, para los análisis con los Arocloros 1242, 1254 y 1260.

Los análisis son indispensables si se requiere cuantificar con alta precisión dosificaciones de PCB's, siendo sus costos relativamente elevados.

**PRECAUCIONES QUE DEBEN TENER CON
MUESTRAS DE ACEITE PARA ANÁLISIS EN
LABORATORIO.**

- Las muestras deben ser colocadas en frascos limpios y libres de contaminantes que pudieran alterar sus características.
- Estos aceites deben ser considerados como contaminados con PCB's hasta que la prueba determine lo contrario.
- Los desechos derivados de la recolección de muestras deben ser tratados como sólidos contaminados con PCB's, y tendrán que ser almacenados en contenedores especiales para su tratamiento.
- Evitar el ingreso de tierra, grasa o cualquier otro material al interior del frasco.
- Inspeccionar que las tapas y roscas de los frascos no tengan rajaduras ni roturas.
- Trasladar inmediatamente el frasco al laboratorio, ya que puede absorber agua del ambiente.
- Se recomienda disponer de una muestra de respaldo en un frasco de vidrio o en el equipo con la finalidad de ratificar análisis de presencia o no de PCB's, en el futuro.

- En el caso de análisis “in situ” se deben utilizar los equipos de succión y recolección suministrados en los kits colorimétricos y en el L2000DX.

PRECAUCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANEJO DE PCB'S

Debido a las propiedades tóxicas de los PCB's y a su habilidad para bioacumularse, se deben aplicar las medidas de protección y seguridad estrictas durante el manejo, almacenamiento y uso de los productos, siendo necesario:

- Advertir al personal de los riesgos presentes en estos productos, las precauciones necesarias y las medidas a tomar en caso de accidentes.
- La apertura de los transformadores y equipos eléctricos, así como la ejecución de actividades de mantenimiento que incluyen el drenado de sus fluidos, solo se realizará por parte del personal capacitado para este propósito.
- Prohibir el uso de artefactos productores de llamas en presencia de PCB's o de aquellos que aumenten la temperatura en la superficie metálica a niveles altos, debido a los riesgos de descomposición y emisiones de sustancias tóxicas. No realizar soldaduras ni cortes mediante oxi-acetileno en equipos con PCB's.

- Garantizar que el área de trabajo con aceites dieléctricos tenga ventilación suficiente.
- Tomar medidas de seguridad y utilizar medios de protección individual: overol impermeable, guantes, botas impermeables, mascarilla y gafas protectoras.
- No fumar en el área donde se manipulen PCB's.
- En caso de derrames de PCB's, se deben contener con materiales absorbentes, que debe ser depositado en recipientes para su posterior eliminación.
- • Los fluidos con contenido de PCB's, no debe ser mezclado con otros aceites de desecho.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP).

El mayor riesgo de los PCB's es la absorción cutánea, por lo tanto se debe tener especial cuidado al elegir la vestimenta de protección. El equipo de protección personal (EPP) se diseña para reducir la exposición del usuario a los PCB's.

Los PCB's pueden penetrar casi todos los materiales, pero existen algunos como el caucho natural, que son particularmente permeables y por eso no sirven como equipo de protección, son más adecuados los cauchos o elastómeros fluorados a prueba de productos químicos y

los materiales laminados son los que ofrecen la mejor protección contra estos compuestos.

Ningún material es cien por ciento impermeable a los PCB's, por lo tanto es necesaria la sustitución periódica de todo el EPP. El equipo mínimo que el personal debe utilizar, para la toma de muestras consiste en:

- Ropa de trabajo adecuada
- Overol impermeable con capucha y cierre delantero tipo TYVREK
- Guantes de trabajo
- Casco
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla con filtro de partículas
- Gafas de seguridad
- Calzado dieléctrico

El equipo mínimo que el personal que analiza las muestras en el laboratorio:

- Overol impermeable con capucha y cierre delantero tipo TYVREK
- Guantes de nitrilo
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla con filtro para vapores orgánicos
- Gafas de seguridad
- Calzado impermeable

Independientemente del Equipo de Protección Personal (EPP) que se use, los trabajadores deben observar buenas prácticas de protección, a fin de reducir el riesgo de exposición al contacto con los aceites mezclados con PCB's, por ejemplo:

- Al quitarse el EPP, se debe tener cuidado de retirar el equipo que esté contaminado, de manera que se prevenga el contacto de la piel con los aceites probablemente contaminados con PCB's.
- Los trabajadores deben lavarse bien con agua y jabón después de trabajar con aceites dieléctricos.
- Los trabajadores deben abstenerse de fumar, beber o comer mientras se trabaja con PCB's, a fin de reducir el riesgo de ingestión.

Para identificar el peligro que se encuentran expuestas las personas al riesgo que suponen los transformadores con este componente, se ha tratado de localizar de acuerdo a datos oficiales, los puntos donde se encuentran en funcionamiento así mismo los lugares de almacenamiento de los equipos fuera de servicio, que supone un tratamiento especial para su destrucción, para esto, fue necesario conocer la cantidad de trabajadores operativos expuestos que conforman las once Unidades de Negocio que se detalla a continuación.

Así también, en la siguiente tabla 6 se detalla el inventario general de equipos (transformadores de distribución y potencia) que se encuentran analizados mediante kits colorimétricos en las once Unidades de Negocio que conforman CNEL EP, desde estas pruebas se identifica los equipos inventariados como no contaminados con PCB (menor a 50 ppm) y contaminados con PCB (mayor a 50 ppm).

**ESTUDIO DE RIESGO, CONSIDERANDO EL
NUMERO DE EMPLEADOS, EXPUESTOS A
LOS TRANSFORMADORES OPERATIVOS EN
LAS 11 UNIDADES DE NEGOCIO.**

Con la finalidad de establecer el riesgo por exposición, considerando el número de empleados, se realizó un análisis de correlación de Pearson, para entender la relación existente entre todas las medidas analizadas, por esto a continuación en la figura 1 se visualiza en color azul una correlación positiva y su respectivo coeficiente, la marca roja reporta una correlación negativa, se puede evidenciar que el gráfico afirma que la cantidad de trabajadores operativos tienen mucha relación con PCBs sin prueba este con un valor representado de 0.74, mientras que < a 50ppm al ser enfrentada con >50ppm se

evidencia una correlación, poco significativa, sin dejar de preocupar, debido al peligro que representan estos equipos.

De igual forma, se empleó una regresión cúbica para determinar un modelo predictorio de cuantos SP.PCBs existen en cada Unidad de Negocio, con base en la cantidad de trabajadores operativos, este modelo se empleó dado que era la regresión que más se ajusta a la información presentada, a continuación en la Figura 2. En el grafico de dispersión se puede observar un buen ajuste del modelo a los datos de 0.8604 para regresión cúbica, teniendo un incremento fuerte desde los 500 trabajadores.

Además, se empleó un grafico de control para examinar la estabilidad del compendio de datos en diversos grupos aportados determinando así diversas anomalías en los datos, a continuación en la figura 3. Se puede observar que la matriz de datos que contiene cantidad de trabajadores operativos, PCBs, < a 50ppm y >50ppm, no generan anomalía entre los grupos tomando como referencia al western electric rules.

Se empleo un grafico de control para examinar que tan estable es el compendio de datos en diversos grupos aportados determinando así diversas anomalías en los datos en la figura 4, al considerar los operativos y los PCBs

se evidencia que el grupo 5 (Cnel Guayas-Los Ríos) posee una media general anormal fuera del rango superior, mientras que los otros grupos se ubican sin problemas.

**ESTUDIO DE CORRELACIÓN DE LA
INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA, CON
RESPECTO AL NÚMERO DE
TRANSFORMADORES PCBS OPERATIVOS.**

A continuación, en la tabla 7 se presenta los diferentes tipos de infraestructuras que conforman la operatividad del sistema eléctrico que conforma la distribución eléctrica de CNEL EP, dentro de los diferentes equipos se sitúan como mayor riesgo por su contacto con aceite dieléctrico las subestaciones donde se encuentran los transformadores de potencia y los transformadores ya sean monofásicos o trifásicos.

Así mismo, la tabla 7 muestra un análisis estadístico descriptivo de las mediciones experimentales de las localidades donde se hicieron cada una de las pruebas, demostrando así el número de lugares donde se realizó dicho análisis representado por “N”, se pudo también identificar los rangos máximos y mínimos de los resultados estudiados, se muestra la suma de totales de cada una de las mediciones experimentales, así como una media de las mismas y una desviación estándar para

determinar la dispersión de los resultados obtenidos y también la varianza de ellos.

En función de las pruebas realizadas a los transformadores, se muestran los valores de los resultados de las pruebas de PCBs de los transformadores en las distintas Unidades de Negocio de CNEL EP, donde primero se pudo demostrar los resultados que obtuvieron menores a 50 ppm de PBCs, donde se determinó que existen una mayor cantidad de transformadores con estas medidas en la Unidad de Negocio Guayaquil con un valor de (22964), mientras que se identificó poca presencia en la Unidad de Negocio Bolívar con (160). En cuanto a las que presentaron mayores de 50 ppm de PCBs la de mayor valor se pudo observar en Unidad de Negocio Guayaquil con (209) y mientras que en las Unidades de Negocio El Oro, Esmeraldas, Los Ríos y Sucumbíos no se mostraron valores. Adicionalmente, se pudo determinar que la cantidad más alta de transformadores sin realizar pruebas de PBCs se presentaron en Cnel Guayaquil-Los Ríos.

Se realizó un dendograma de conglomerados jerárquicos para los datos de pruebas de PCB en Unidades de Negocio descrita previamente, esto permitirá determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos, para así poder demostrar cuáles de los valores están en cercanía de las diferentes

estaciones de Cnel, a continuación en la figura 6 se pudo determinar que los grupos a continuación fueron los valores de las pruebas de PBCs más cercanos entre sí: Grupo 1 (Cnel Esmeraldas, Cnel Sucumbios, Cnel Santa Elena, Cnel El Oro, Cnel Bolívar, Cnel Los Ríos, Cnel Santo Domingo); Grupo 2 (Cnel Manabí y Cnel Milagro); Grupo 3 (Cnel Bolívar, Cnel Manabí y Cnel Milagro)

De igual forma, se muestra los valores obtenidos en cuanto a las subestaciones existentes de Cnel y las subestaciones particulares encontradas en las diferentes localidades del Ecuador. En esta se pudo determinar que en Guayaquil hay 41 subestaciones de Cnel y 69 subestaciones particulares siendo estas las localidades con los valores más altos, mientras en Cnel Bolívar solo hay 6 Subestaciones de Cnel siendo pocas las encontradas en esta localidad, sucediendo algo similar con las Subestaciones particulares donde las localidades de Cnel Bolívar y Cnel Sucumbíos no presentan subestaciones particulares, lo anterior se visualiza en la siguiente figura 7.

Se realizó un dendograma de conglomerados jerárquicos para los datos de presencia de subestaciones en las diferentes Unidades de Negocio Figura 8, lo que permitirá determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos, para así poder demostrar cuales de los valores están en cercanía de

los resultados obtenidos de las diferentes subestaciones de Cnel, donde se pudo determinar que los grupos a continuación fueron los valores que presentaron más cercanía entre sí: Grupo 1 (Cnel El Oro, Cnel Esmeraldas, Cnel Santo Domingo, Cnel Santa Elena, Cnel Milagro, Cnel Bolívar Cnel, Cnel Sucumbios y Cnel Los Rios); Grupo 2 (Cnel Milagro, Cnel Manabí).

Con respecto a las distancias en tendido eléctrico, en la Figura 9. Se observan los valores de los km de líneas calculados de las subestaciones de Cnel y las subestaciones particulares. A través de estos datos se pudo determinar que existió una mayor extensión de Km en líneas en las subestaciones de Cnel Manabí siendo este un valor de 523,34 km. En cuanto a las subestaciones particulares se pudo determinar que en Cnel Guayas-Los Ríos se presentó una extensión de 40,4 km.

Se realizó un dendograma de conglomerados jerárquicos Figura 10, para los datos de kilómetros de líneas y subestaciones particulares presentes en cada Unidad de Negocio, para determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos, para así poder demostrar cuáles de los valores están en cercanía de los resultados obtenidos en cuanto a los Km de Líneas de las diferentes subestaciones de Cnel y subestaciones particulares, donde se pudo determinar que

los grupos a continuación fueron los valores que presentaron más cercanía entre sí: Grupo 1 (Cnel Bolívar, Cnel Sucumbios, Cnel Los Ríos y Cnel Santa Elena); Grupo 2 (Cnel Guayaquil, Cnel Milagro y Cnel Santo Domingo); Grupo 3 (Cnel El oro, Cnel Esmeraldas y Cnel Guayas-Los Ríos).

Los valores de km de líneas de medio voltaje aéreo y los km de líneas de medio voltaje subterránea. Donde se pudo determinar que la mayor cantidad de km de líneas de medio voltaje aéreo se presentaron en las estaciones de Cnel Santo Domingo con un valor de 9896 km; Mientras que los Km de líneas de medio voltaje subterráneo con mayor extensión se puede observar en las estaciones de Cnel Guayaquil, la misma que se mostró con un valor de 496,75 km.

A través de un dendograma Figura 12. Se muestra conglomerados jerárquicos que permiten determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos, para así poder demostrar cuales de los valores están en cercanía de los resultados obtenidos en cuanto los valores de km de líneas de medio voltaje aéreo y los km de líneas de medio voltaje subterránea, donde se pudo determinar que los grupos a continuación fueron los valores que presentaron más

cercanía entre sí: Grupo 1 (Cnel El oro, Cnel Sucumbios, Cnel Esmeraldas, Cnel Bolívar, Cnel Los Ríos y Cnel milagro); Grupo 2 (Cnel Guayaquil y Cnel Santa Elena); Grupo 3 (Cnel Guayas-Los Ríos y Cnel Manabí)

Con respecto a los kilómetros de líneas de bajo voltaje, la Figura 13 muestra resultados de las pruebas de km de líneas de voltaje bajo sin acometidas, donde se pudo determinar que la mayor extensión de km se presenta en la estación de Cnel Santo Domingo con un valor de 5612 km, mientras que la menor cantidad se encuentra en la estación de Cnel Santa Elena con 1716,69 km.

Se realizó dendograma de conglomerados jerárquicos Figura 14. para determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos, para así poder demostrar cuales de los valores están en cercanía de los resultados obtenidos en cuanto los valores Km de Líneas de voltaje bajo si acometidas, donde se pudo determinar que los grupos a continuación fueron los valores que presentaron más cercanía entre sí: Grupo 1 (Cnel Bolívar, Cnel El Oro y Cnel Esmeraldas); Grupo 2 (Cnel Los Ríos, Cnel Milagro y Cnel Santa Elena); Grupo 3 (Cnel Guayaquil, Cnel Guayas – los Ríos, Cnel Manabí y Cnel Santo Domingo).

Con respecto a los transformadores en servicio, en la Figura 15 se muestran los valores obtenidos en cuanto a los transformadores monofásicos encontrados en las diferentes Unidades de Negocio, donde se puede observar que la Unidad de Negocio con mayor conteo de estos transformadores es la de Cnel Guayaquil con un valor de 36563 transformadores monofásicos; así mismo en esta figura también se pudieron observar un conteo de los transformadores trifásicos en la cual se pudo determinar que la estación de Cnel Guayaquil también presentó un mayor conteo de este tipo de transformadores siendo 2196.

A través de un dendograma de conglomerados jerárquicos que ayuda a determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos Figura 16, para así poder demostrar cuales de los valores están en cercanía de los resultados obtenidos en cuanto los valores de Transformadores monofásicos y transformadores trifásicos, donde se pudo determinar que los grupos a continuación fueron los valores que presentaron más cercanía entre sí: Grupo 1 (Cnel Esmeraldas, Cnel Sucumbios, Cnel Santa Elena, Cnel Los Ríos y Cnel Milagro); Grupo 2 (Cnel Manabí y Cnel Santo Domingo).

Los valores obtenidos en cuanto a la cantidad de luminarias sin medición, donde se puede observar que las

estaciones con mayor conteo de luminarias sin medición se presentan en la estación de Cnel Guayaquil con un valor de 158173; así mismo en esta figura también se pudo observar un conteo de luminarias con medición en la cual la estación de Cnel Guayaquil también presentó un mayor conteo de luminarias sin medición siendo este un valor de 17056.

Mediante un dendograma de conglomerados jerárquicos que ayuda a determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos Figura 18, para así poder demostrar cuales de los valores están en cercanía de los resultados obtenidos de la cantidad de luminarias sin medición y luminarias con medición, donde se pudo determinar que los grupos a continuación fueron los valores que presentaron más cercanía entre sí: Grupo 1 (Cnel Esmeraldas, Cnel Sucumbios, Cnel Santa Elena y Cnel Milagros); Grupo 2 (Cnel Bolívar y Cnel Los Ríos); Grupo 3 (Cnel El Oro, Cnel Santo Domingo y Cnel Guayas-Los Ríos).

Con respecto a los resultados del conteo de los postes existentes en las diferentes estaciones de Cnel en diferentes localidades del Ecuador, en la figura 19 se pudo observar que la estación con una cantidad más elevada de

postes es la estación de Cnel Guayaquil con un conteo de 189305 postes, mientras que en la estación de Cnel Bolívar se observaron un menor conteo de postes siendo 6345

Un dendograma de conglomerados jerárquicos que ayuda a determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos, para así poder demostrar cuales de los valores están en cercanía de los resultados obtenidos de la cantidad postes existentes en las diferentes estaciones, donde se pudo determinar que los grupos a continuación fueron los valores que presentaron más cercanía entre sí: Grupo 1 (Cnel Esmeraldas y Cnel Milagros); Grupo 2 (Cnel Bolívar, Cnel Los Ríos y Cnel Santa Elena); Grupo 3 (Cnel Guayas-Los Ríos y Cnel Manabí).

Con respecto a los datos de líneas de bajo voltaje, la figura 21 muestra resultados del conteo de los alimentadores existentes en las diferentes estaciones de Cnel en diferentes localidades del Ecuador, en la cual se pudo observar que la estación con una cantidad más elevada de alimentadores es la estación de Cnel Guayaquil con un conteo de 207 alimentadores, mientras que en la estación de Cnel Bolívar se observaron un menor conteo de alimentadores siendo 24.

Un dendograma de conglomerados jerárquicos que ayuda a determinar la proximidad de los valores analizados mediante la técnica de vecinos más cercanos, para así poder demostrar cuales de los valores están en cercanía de los resultados obtenidos de la cantidad alimentadores existentes en las diferentes estaciones, donde se pudo determinar que los grupos a continuación fueron los valores que presentaron más cercanía entre sí: Grupo 1 (Cnel Los Ríos, Cnel Sucumbios, Cnel Bolívar, Cnel Santa Elena, Cnel Santo Domingo, Cnel Esmeraldas, Cnel Milagro y Cnel El Oro); Grupo 2 (Cnel Guayas-Los Ríos y Cnel Manabí).

La varianza total explicada de análisis de componentes principales que permite analizar un conjunto de variables no correlacionadas mediante una nueva variable “componente”, en este modelo se puede comprobar que a partir del componente 3 el autovalor es menor a la unidad, con un porcentaje de varianza explicada de 89,286% considerando así que existen 3 factores suficientes.

A continuación en el gráfico de sedimentación de las componentes presentado en la figura 23, permite identificar que hasta la componente 3 es factible retener para análisis ya que se encuentran en la zona previa a la

sedimentación, donde ya no se aprecian zonas con pendientes fuertes, que es a partir de la componente 4.

Finalmente se optó por extraer 3 componentes obteniendo la matriz que se presenta en la tabla 9, así mismo se puede determinar que las variables “CANTIDAD DE LUMINARIA SIN MEDICIÓN” y “TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS” no conformarán el componente 2 por presentar valores inferiores al punto de corte, en el caso de las variables “ALIMENTADORES”, “TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS” y “Mayor a 50 ppm” no formarán parte del componente 3 en el modelo por la misma premisa.

Se puede observar el gráfico de componentes rotados, permitiendo visualizar a las variables situadas lo más próximas que sea posible con respecto a cada uno de los componentes, en este caso se puede observar que las variables Alimentadores y luminarias sin medición presentan los valores más altos en el componente 1, mientras que en el componente 2 son los kilómetros de líneas de medio voltaje y los transformadores sin pruebas de PCB, por último en el componente 3 los transformadores sin prueba de PCB así como los kilómetros de líneas de subtransmisión particulares presentan los valores más altos.

ANÁLISIS DE MORTALIDAD EN FUNCIÓN DE DATOS OFICIALES.

En función de la base de datos del Inec 2019, se puede observar en la figura 25 que no existe incidencia de los sectores en mención, con las enfermedades que podrían estar relacionadas con PCB, pero esto no deja de ser preocupante, debido a la falta de gestión en cuanto a los equipos que se encuentran fuera de servicio, y sin un plan adecuado de desmontaje, lo mismo ocurre con los equipos en servicio, que podrían generar peligro, debido a la composición y los riesgos que supone a la salud.

Se encontró una correlación entre la presencia de transformadores analizados en subestaciones de CNEL EP, así como entre aquellos transformadores menores a 50ppm en subestaciones particulares, esto puede denotar la presencia de equipos con mayor antigüedad en instalaciones propias de CNEL EP.

La presencia de los transformadores sin analizar su concentración de PCB así como aquellos que luego de analizados presentan un valor superior a 50 ppm, pone en manifiesto el riesgo por exposición a trabajadores operativos de CNEL EP así como habitantes en zonas urbanas y rurales próximas a estos equipos.

La Unidad de Negocio Guayaquil presenta los valores más altos en el inventario de transformadores, lo que se refleja en una tasa más alta de transformadores contaminados con una concentración mayor a 50ppm (209 unidades), estos equipos se encuentran almacenados en la bodega de desechos peligrosos ubicada en el Guasmo Sur de la ciudad de Guayaquil, lo que implica un riesgo para la comunidad circundante, en este aspecto, todo el sistema de distribución de esta Unidad de Negocio se implanta geográficamente en una zona urbana concentrada como la ciudad de Guayaquil, mientras que las otras 10 Unidades de Negocio se expande de manera interprovincial, incluyendo zonas rurales, rutas y vías nacionales y locales.

Las Unidades de Negocio Bolívar y Guayas Los Ríos son las unidades que presentan los valores más altos de transformadores sin analizar 93% y 83% respectivamente con respecto a su total de transformadores en inventario, mientras que la Unidad de Negocio Manabí presenta un 92% de su inventario con una concentración menor a 50ppm lo que refiere una renovación e instalación de equipos de distribución a lo largo de todo su sistema eléctrico.

De acuerdo al análisis de componentes, se puede identificar que las variables menor a 50ppm y mayor a 50ppm presentan una mayor correlación con respecto al componente 1 que refiere a los transformadores totales

presentados en el inventario total de CNEL EP, mientras que las demás variables e infraestructuras se encuentran estrechamente ligadas a la presencia de transformadores pero no representan un riesgo directo a su instalación o mantenimiento por parte de trabajadores de CNEL EP o habitantes cercanos.

En función de mortalidad en los sectores debido a factores relacionados con PCB, no se evidencia valores que podrían estar relacionados con las líneas de suministro que mantienen equipos con estos componentes.

Finalmente se puede concluir que la prohibición de la producción de PCB hace décadas, junto con el reemplazo de equipos que contienen PCB, ha dado lugar a una disminución de las concentraciones de PCB en el medio ambiente, lo que al mismo tiempo ha dado como resultado una carga de PCB significativamente menor en el cuerpo humano. Con base en la evidencia y los datos científicos disponibles, las exposiciones a PCB de fuentes ambientales en la actualidad no representan un riesgo significativo para la salud de los seres humanos.

PLAN DE CONTINGENCIA

Debido a los efectos negativos que causan los PCB's al ambiente y a la salud humana, es necesario realizar el control adecuado y vigilancia para evitar derrames, fugas o incendios de estos compuestos; en caso de que esto ocurriera, se tomarán de inmediato las medidas para

responder a la contingencia, por lo que se deberá evitar que se acerquen al área afectada, personas no autorizadas.

En el caso de CNEL EP se deberá levantar una matriz con la ubicación de almacenamiento de los 274 transformadores que luego de su análisis resultaron contener una concentración de 50ppm de PCB en su aceite dieléctrico, así como de aquellos sin prueba que suman un total de 34759, estos valores deben ser trabajados internamente en cada Unidad de Negocio para establecer sus cantidades, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 5, de encontrarse alguno de estos transformadores aún en operación debe incluirse en dicha matriz las coordenadas de su ubicación.

Es de vital importancia que las brigadas o el personal designado para la atención de emergencia deben ser entrenadas periódicamente y cuenten con esta información.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:

El equipo mínimo con el que debe contar el personal de respuesta a una emergencia que involucre el control de derrames de PCB debe ser:

- Ropa de trabajo adecuada

- Overol impermeable con capucha y cierre delantero tipo TYVREK
- Guantes de trabajo
- Casco
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla con filtro de partículas y vapores orgánicos
- Gafas de seguridad
- Calzado dieléctrico

MEDIDAS GENERALES:

- El personal de las brigadas establecidas para atención de emergencias, debe contar con el equipo de protección personal establecido en el manual, según el tipo de incidente (derrame y/o incendio).
- Evacuar al personal cercano al área.
- Estimar y determinar las áreas afectadas.
- Considerar los criterios de la Guía de respuesta emergencia (manuales del MAE).
- Acordonar el área afectada con cintas de peligro, a fin de evitar el acceso de personas no autorizadas.
- Dar aviso a las autoridades de la empresa y del Cuerpo de Bomberos.

Medidas a tomar ante la ocurrencia de derrames en el almacenamiento:

En caso de ocurrir un derrame de aceites con PCB's existe alto riesgo de contaminación, por lo que se deben tomar las siguientes acciones:

- Poner en aviso a las autoridades correspondientes y un grupo de trabajo debe responder inmediatamente a esta contingencia.
- Asegurarse de que el personal que trabaje en la limpieza del derrame use el equipo de protección personal adecuado.
- Evitar que los derrames de fluidos con PCB's alcancen los canales de aguas pluviales, desagües o cualquier otro lugar por donde fluya el agua.
- Se deberán colocar elementos de contención alrededor de las áreas contaminadas, para evitar la dispersión del producto, prohibir el ingreso de personas y vehículos antes de que el material haya sido recogido y retirado
- Se debe esparcir material absorbente sobre toda la superficie donde se ha producido el derrame, y esperar unos minutos hasta que el material esparcido absorba el fluido derramado.
- Limpiar los pisos contaminados siguiendo los siguientes procedimientos:

- Si es impermeabilizado, limpiar completamente y usar biodegradables para absorber los PCB's. No se deben usar solventes clorados, sino únicamente detergentes suaves como por ejemplo detergente líquido lavavajillas.
- Si no es impermeable, remover todo el material contaminado.
- Si existe riesgo de contaminación de aguas subterráneas, se deben tomar inmediatamente medidas apropiadas para limitar la contaminación.

Una vez absorbidos los fluidos derramados, los materiales absorbentes, el suelo contaminado, vestimenta y demás elementos contaminados, deben almacenarse para su disposición final.

Medidas a tomar ante la ocurrencia de derrames o fuga durante el Transporte:

El transporte de los aceites con contenido de PCB's, es una de las actividades con mayor riesgo, por lo que en caso de emergencia, el conductor deberá:

- Aplicar lo establecido en la Tarjeta de Emergencia, elaborada en base a los lineamientos de la norma técnica NTE- INEN 2266:2010.
- Ejecutar las medidas generales.

- Localizar el sitio de la fuga.
- Contener el avance del material derramado, en lo posible.
- Utilizar el equipo y materiales para control de derrames.

TRANSFORMADORES EN OPERACIÓN CON CONCENTRACIONES MAYORES A 50 PPM:

La empresa CNEL EP deberá implementar un programa de inversión dentro de sus proyectos de repotenciación y expansión, que priorice la sustitución de aquellos equipos que luego de su análisis presentan una concentración mayor a 50 ppm, ya que estos equipos deben ser confinados a almacenamiento permanente hasta que en el país exista un gestor ambiental calificado para gestionar desechos contaminados con PCB, que actualmente no hay, o en su defecto, hasta su importación a plantas de tratamiento de aceite dieléctrico con PCB en países de economías desarrolladas como lo establece el convenio de Basilea al que Ecuador se encuentra adscrito.

Medidas generales en caso de incendios

En general, los PCB's no son materiales que pueden considerarse inflamables o de fácil combustión; sin embargo, los elementos secundarios liberados (dioxinas y furanos) son altamente tóxicos y contaminantes.

Si se presenta un incendio en pequeñas proporciones, se debe procurar utilizar todos los medios básicos con que cuenta la empresa para el control de incendios. Los procedimientos deben estar detallados en el plan general de emergencia de la propia empresa, sin embargo a continuación se dan algunas recomendaciones generales:

Siempre que se presente un incendio de cualquier magnitud, se deberá alertar en forma prioritaria al cuerpo de bomberos.

Verificar que el personal que trabaje en el control de incendios utilice siempre su uniforme de bomberos completo, el equipo de respiración auto contenida se considera un elemento obligatorio.

Si se trata de un lugar abierto, el personal debe acercarse al fuego a favor del viento (el viento siempre a su espalda), evitando en todo momento entrar en contacto con el humo.

De preferencia se debe usar materiales extintores como el CO₂ o polvo químico solvente (PQS), evitando en lo posible usar agua si es que no existe un sistema de contención que sea capaz de contener todo el residuo que se generará. Si solo existe agua como medio extintor se

debe usar racionalmente, la alta presión del agua podría esparcir aún más los PCB's que se hubiesen derramado.

Seguir lo establecido en la Tarjeta de Emergencia, elaborado en base a la Norma INEN 2266:2010.

REFERENCIAS

- ARBELI, Z. (2009). BIODEGRADACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOSPERSISTENTES (COP): I. EL CASO DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS (PCB). *Acta Biológica Colombiana*, 14(1), 56-86.
- Arrebola, J. (2010). Exposición humana a compuestos con actividad disruptora endocrina en la población española. *Ars Pharm*, Suplemento 3, 811-822.
- ATSDR (2016). ToxFAQs™ - Bifenilos policlorados (BPCs) Polychlorinated Biphenyls (PCBs).
- Brouwer, A.; Longnecker, M.P.; Birnbaum, L.S.; Cogliano, J.; Kostyniak, P.; Moore, J.; Schantz, S.; Winneke, G. (1999). Characterization of potential endocrine-related health effects at low-dose levels of exposure to PCBs. *Environ. Health Perspect.* 107, 639–649.
- Carpenter, D.O. (2006). Polychlorinated biphenyls (PCBs): Routes of exposure and effects on human health. *Rev. Environ. Health* 21, 1–23.
- CNEL. (2016). Memoria de Sostenibilidad CNEL EP 2014-2015. CNEL EP, 1.
- CBRAS. (2013). PCB NO OBSOLETOS. *Salud Pública de México*, 55(3), 348.

- Crinnion, W.J. (2011). Polychlorinated biphenyls: Persistent pollutants with immunological, neurological, and endocrinological consequences. *Altern. Med. Rev.* 16, 5–13.
- Dias-Ferreira C, Pato RL, Varejão JB, Tavares AO, Ferreira AJD. (2016). Heavy metal and PCB spatial distribution pattern in sediments within an urban catchment—contribution of historical pollution sources. *J Soils Sediments.* 16: 2594–2605.
- Degrendele C, Fiedler H, Kočan A, Kukučka P, Přibylková P, Prokeš R, et al. (2020). Multiyear levels of PCDD/Fs, dl-PCBs and PAHs in background air in central Europe and implications for deposition. *Chemosphere.* 240: 124852.
- Drochner, W., Neumann, M., Klein, U., Farries, E., Johannes, B., & Forscher, E. (1994). Concentration of PCB in hair, blood, tissues and excretions of cows and their progeny. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology (Germany).* no. 2.
- Faroon, O.M.; Samuel Keith, L.; Smith-Simon, C.; De Rosa, C.T. (2003) World Health Organization. *Polychlorinated Biphenyls: Human Health Aspects.*
- Fonnum, F.; Mariussen, E. (2009). Mechanisms involved in the neurotoxic effects of environmental toxicants

such as polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants. *J. Neurochem.* 111, 1327–1347.

Gabryszewska M; Gworek B. (2020). Impact of municipal and industrial waste incinerators on PCBs content in the environment. *PloS one.*

Huetos Hidalgo, O., Cervantes Amat, M., Aragonés, N., Esteban, M., Batolomé, M., Ruiz Moraga, M. & Castaño Calvo, A. (2013). Concentraciones de PCBs en suero de la población adulta española.

INCHEM. (2003). POLYCHLORINATED BIPHENYLS: HUMAN HEALTH ASPECTS.

J.A. Gómez Tejedor, J.J.Olmos Sanchis. Cuestiones y problemas de electromagnetismo y semiconductores. I.S.B.N.: 84-7721-827-7. Servicio de Publicaciones SPUPV-99.4157. Universidad Politécnica de Valencia.

Kraus, T.; Gube, M.; Lang, J.; Esser, A.; Sturm, W.; Fimm, B.; Willmes, K.; Neulen, J.; Baron, J.M.; Merk, H.; et al. (2012). Surveillance program for former PCB-exposed workers of a transformer and capacitor recycling company, family members, employees of surrounding companies, and area residents—Executive summary. *J. Toxicol. Environ. Health A.* 75, 1241–1247.

- Lauby-Secretan, B.; Loomis, D.; Grosse, Y.; El Ghissassi, F.; Bouvard, V.; Benbrahim-Tallaa, L.; Guha, N.; Baan, R.; Mattock, H.; Straif, K. (2013). Carcinogenicity of polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls. *Lancet Oncol.* 14, 287–288.
- Maroni, M.; Colombi, A.; Arbosti, G.; Cantoni, S.; Foa, V. (1981). Occupational exposure to Polychlorinated Biphenyls in electrical workers. II Health Effects. *British journal of Industrial Medical*, 38. 55-60.
- Meeker, J.D.; Hauser, R. (2010). Exposure to Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Male Reproduction. *Syst. Biol. Reprod. Med.* 56, 122–131.
- McGovern, V. (2006). PCBs are endocrine disruptors: mixture affects reproductive development in female mice. *Environ Health Perspect*, 114(A368-9).
- Peng J; Chen Y; Xia Q; Rong G; Zhang J (2020). Ecological risk and early warning of soil compound pollutants (HMs, PAHs, PCBs and OCPs) in an industrial city, Changchun, China. *Environmental pollution*. Vol 272.
- Persky, V. (2012). Polychlorinated biphenyl exposure, diabetes and endogenous hormones: a cross-sectional study in men previously employed at a capacitor manufacturing plant. *Environmental Health*, 11(1), 57.

- PNUMA, N. U. (2001). Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Naciones Unidas, 1.
- PNUMA, N. U. (2002). Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación. PNUMA, Primera Edición.
- Porta, M. (2008). Estudios realizados en España sobre concentraciones en humanos de compuestos tóxicos persistentes. Gac Sanit. 2008;22(3):248-6.
- Pouch A; Zaborska A; Mazurkiewicz M; Winogradow A; Pazdro K. (2021). PCBs, HCB and PAHs in the seawater of Arctic fjords - Distribution, sources and risk assessment. Marine Pollution Bulletin. Vol. 164.
- ProyectoADA. (2015). Guía Técnica para el manejo de equipos eléctricos con bifenilos policlorados PCBs. Unión Europea, Primera Edición.
- Robertson, L., Hansen, L. (2015). PCBs : Recent Advances in Environmental Toxicology and Health Effects. The University Press of Kentucky. ISBN: 9780813122267. 9780813156750.
- Rosso, A. (2015). Fortalecimiento de sistemas de manejo ambiental de bifenilos policlorados (PCB) y la eliminación de aceites y equipos contaminados, que están en funcionamiento, o almacenados en depósitos

en Argentina (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires).

Rudel, R. (2008). PCB-containing wood floor finish is a likely source of elevated PCBs in residents' blood, household air and dust: a case study of exposure. *BioMed Central*, 7(2).

Safe, S. (1992). Toxicology, structure-function relationship, and human and environmental health impacts of polychlorinated biphenyls: Progress and problems. *Environ. Health Perspect.* 100, 259–268.

Safe, S.; Hutzinger, O. (1984). Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Polybrominated Biphenyls (PBBs): Biochemistry, Toxicology, and Mechanism of Action. *CRC Crit. Rev. Toxicol.* 13, 319–395.

Schettgen, T.; Gube, M.; Alt, A.; Fromme, H.; Kraus, T. (2011). Pilot study on the exposure of the German general population to non-dioxin-like and dioxin-like PCBs. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 214, 319–325.

Serdar, B. (2014). Potential effects of polychlorinated biphenyls (PCBs) and selected organochlorine pesticides (OCPs) on immune cells and blood biochemistry measures: a cross-sectional assessment of the NHANES 2003-2004 data. *Environmental Health*, 13(114).

Sobek, A., Mclachlan, M.S., Borgå, K., Asplund, L., Lundstedt-Enkel, K., Polder, A., Gustafsson, Ö. (2010). A comparison of PCB bioaccumulation factors between an arctic and a temperate marine food web. *Sci. Total Environ.* 408, 2753–2760.

UNEP. United Nations. (1995). Programme: Decision 18/32 of the UNEP Governing Council: Persistent Organic Pollutants.

Walker, C.H., Hopkin, S.P., Sibly, R.M., Peakall, D.B., (2002). Conceptos básicos de ecotoxicología, Publicación científica PWN, Varsovia, 1–59

Zaborska, A., Carroll, C., Pazdro, K., Pempkowiak, J., (2011). Spatio-temporal patterns of PAHs, PCBs and HCB in sediments of the western Barents Sea. *Oceanologia* 53 (4), 1005–1026

Zhang, Y., Li, S., Lai, Y., Wang, L., Wang, F., Chen, Z. (2019). Predicting future contents of soil heavy metals and related health risks by combining the models of source apportionment, soil metal accumulation and industrial economic theory. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 171, 211

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

ISBN: 978-9942-33-493-0



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compas
Grupo de capacitación e investigación pedagógica