



38
21

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**CONTAMINACION CON BIFENILOS
POLICLORADOS, SU DISPERSION EN EL
MEDIO AMBIENTE Y SU PRESENCIA EN
ALIMENTOS.**

**TRABAJO MONOGRAFICO DE
ACTUALIZACION
Que para obtener el titulo de
QUIMICO EN ALIMENTOS
p r e s e n t a
ARIURO ARIEL SINGER GENOVESE**

Director: Dr. Raúl Guillermo Enriquez Habib



México, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO :

Presidente Prof. Raúl Guillermo Enriquez Habib

Vocal Prof. Pedro Valle Vega

Secretario Prof. Miguel Angel Hidalgo Torres

1er Suplente Profa. Hilda Elizabeth Calderón Villagómez

2do Suplente Prof. Hugo Sousa Rojano

Sitio donde se desarrolló el tema :

Seguridad Eléctrica Mexicana, S.A.
Privada de la Montaña No.656-A, Temixco, Morelos,
C.P.62589

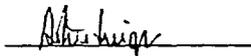
Dr. Raúl Guillermo Enríquez Habib
Asesor del Tema



I.Q.Germán Espinosa Chavarría
Supervisor Técnico



Arturo Ariel Singer Genovese
Sustentante



AGRADECIMIENTOS

A México, mi Patria adoptiva.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Química, segundo hogar por muchos años.

A los Profesores, por su voluntad de progreso y por ser amigos.

Al Dr. Raúl Guillermo Enríquez Habib, por su interés y apoyo.

Al I.Q. Germán Espinosa Chavarría, por su tiempo y conocimientos.

Al Dr. Pedro Valle Vega, por su colaboración y revisión del presente trabajo.

Al I.Q. Miguel Hidalgo Torres, por sus sugerencias y buen humor.

Al I.Q. Jorge Casero Gordon, por su apoyo.

A todos los Profesores que directa ó indirectamente aportaron material al presente trabajo.

AGRADEZCO ESPECIALMENTE :

***A MIS PADRES MIRTHA Y CARLOS POR SU INVALUABLE
APOYO, DIRECCIÓN Y EJEMPLO.***

A MI ESPOSA MA.ELENA, POR SU DEDICACIÓN Y PACIENCIA.

***A MIS ABUELOS CECILIA, VICENTE Y AURORA, POR SU
CARIÑO Y EXPERIENCIA.***

***A LA FAMILIA HERNÁNDEZ ROBLES Y EN ESPECIAL A
MA.LUISA (MABICHA), POR SU CARIÑO Y APOYO.***

A MIS TIOS CHRISTINA Y HENRY, POR SU CARIÑO Y APOYO.

A MIS AMIGOS.

ARTURO

Índice

Capítulo	Tema central	Página
	1. Antecedentes	1
1.1.	Descripción de los Bifenilos Policlorados (BPC's)	1
1.2.	Características fisicoquímicas de los BPC's	7
1.3.	Sustitución de aceite mineral por BPC's como fluido aislante en equipos eléctricos.	14
1.4.	Relación que guardan los BPC's con los Alimentos	19
	2. Contaminación por BPC's	26
2.1.	Descripción de los mecanismos de contaminación por BPC's	26
2.2.	Contaminación de los alimentos con BPC's	33
	3. Detección y cuantificación de BPC's	42
3.1.	Métodos de detección preliminar de BPC's	43
3.2.	Métodos de cuantificación de BPC's	47
	4. Toxicidad de los BPC's	51

4.1.	Toxicidad de BPC's en animales	54
4.2.	Toxicidad de BPC's en humanos	57
4.3.	Relación entre BPC's y Dibenzofuranos Policlorados (DFPC) y las Dibenzodioxinas Policloradas DDPC)	63
5.	Destrucción de los BPC's	74
5.1.	Destrucción de BPC's mediante Incineración.	78
6.	Reglamentación Ambiental sobre los BPC's	91
6.1.	Reglamentación Ambiental vigente en México	91
6.2.	Reglamentación Ambiental Internacional vigente.	91
7.	El TLC y los BPC's	96
7.1.	Plan Regional de Acción (PRA) BPC's	96
7.2.	ISO 14000	106
8.	Conclusiones	111
9.	Bibliografía	124

1. Antecedentes

1.1. Descripción de los BPC's

Los BPC's (Bifenilos Policlorados) son fluidos viscosos, incombustibles, no biodegradables, muy utilizados desde 1930 en lugar del aceite mineral en transformadores eléctricos, capacitores, balastos, papel de copia sin carbón, molusquicidas, pinturas marinas, manufactura de plásticos y otras aplicaciones. En 1979 se prohibió la fabricación al comprobarse su peligrosidad como fluido y al combinarse con el oxígeno. La mezcla de BPC's y solventes, que es la forma en que se usa en transformadores, se llama genéricamente ASKAREL, siendo algunos de sus nombres comerciales: Aroclor, Pencloro, Pyranol, Inerteen, Safe T-Kool, Clophen, etc. En la Fig. No.4 se listan los nombres con que pueden encontrarse los BPC's.

Los BPC's fueron comercializados y usados por fabricantes de equipos eléctricos quienes los designaban con nombres variados, a pesar de que el origen de los mismos fue su único fabricante en Estados Unidos de América, Monsanto, quién comercializaba el producto bajo el nombre de Aroclor, con distintas proporciones de BPC's y solventes. Pueden existir más de 209

isómeros según la cantidad y ubicación del cloro en la molécula; con diferentes características físicas y químicas (1).

A continuación se listan el número de isómeros teóricos por grado de cloración en la molécula.

Bifenilo Clorado	Fórmula Empírica	Número de Isómeros	% de Peso en Cl
Mono	$C_{12}H_9Cl$	3	18.79
Di	$C_{12}H_8Cl_2$	12	31.77
Tri	$C_{12}H_7Cl_3$	24	41.30
Tetra	$C_{12}H_6Cl_4$	42	48.56
Penta	$C_{12}H_5Cl_5$	46	54.30
Hexa	$C_{12}H_4Cl_6$	42	58.93
Hepta	$C_{12}H_3Cl_7$	24	62.77
Octa	$C_{12}H_2Cl_8$	12	65.98
Nona	$C_{12}HCl_9$	3	68.73
Deca	$C_{12}Cl_{10}$	1	71.18
TOTAL		209	

Tabla. No.1.1 : Cuadro que lista el número de isómeros por familia de bifenilos.

La lista que sigue incluye firmas de otros países además de Estados Unidos y no está completa en razón de que muchos fabricantes de equipo eléctrico cesaron sus actividades, por lo que esa información no pudo obtenerse, pero la siguiente puede considerarse como una de las más completas a la fecha.

Fabricante	de	País	Nombre del BPC
Transformadores			
Aerovox		E.E.U.U.	Ilyvol
Allis-Chalmers		E.E.U.U.	Chlorextol
American Corp.		E.E.U.U.	Asbestol
Axel Electronics		?	?
Bayer		Alemania	Clophen
Caffaro		Italia	DK, Apirolio
Caffaro		Italia	Fenclor
Caffaro		Italia	Inclor
Capacitor Specialists		E.E.U.U.	?
Chemko		Checoslovaquia	?
Cornell Dubillier		E.E.U.U.	Dykanol
Dings Co.		E.E.U.U.	?

Fabricante	de	País	Nombre del BPC
Transformadores			
Electrical Utilities Corp.		E.E.U.U.	Eucarel
Electro Engineering Works		E.E.U.U.	?
Electromagnetic Filter Co.		E.E.U.U.	?
Envirotech Buell		E.E.U.U.	?
Eriez Magnets		E.E.U.U.	Fyranol
Esco Mfg. Co.		E.E.U.U.	Askarel *
Ferranti-Packard Ltd.		E.E.U.U.	Askarel *
General Electric		E.E.U.U.	Pyranol
Geneva Industries		E.E.U.U.	?
H.K. Porter		E.E.U.U.	?
Helena Corp.		E.E.U.U.	?
Hevi - Duty Electric		?	Askarel *
ITE Circuit Breaker		E.E.U.U.	Non-Flammable Liquid
Jard Corp.		E.E.U.U.	Clorphen
Kanegafuchi		Japón	Kennechlor
McGraw Edison		E.E.U.U.	Elemex

Fabricante	de País	Nombre del BPC
Transformadores		
Maloney Electric	E.E.U.U.	?
Mitsubishi	Japón	Kanechlor, Santotherm
Monsanto	Inglaterra y EE.UU	Aroclor
Monsanto	Inglaterra y Japón	Santotherm FR
Monsanto	Inglaterra y Europa	Pyroclor
Monsanto	E.E.U.U.	Terminol ***
Monsanto	E.E.U.U.	Pydraul

Tabla No.1.2. Cuadro que ilustra la variedad de nombres comerciales con los que se conoce a los BPC's (2).

El grado de cloración de los Bifenilos Policlorados puede variar. La molécula puede contener desde un átomo de cloro hasta diez, y todas las combinaciones posibles. Los números 1242 asociados comúnmente con los BPC's significan : el 12 que se trata de un bifenilo con doce átomos de carbono y el 42 indica que la molécula tiene un 42 % de peso promedio de cloro. Existen también los Arocloros 1254, 1260, etc.,(3).

A continuación se aprecia la estructura de la molécula de decaclorobifenilo.

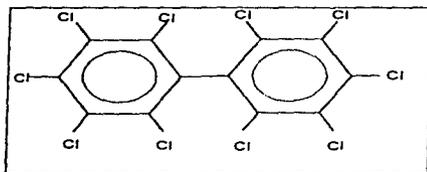


Fig.No.1.3. Molécula de Decaclorobifenilo.

1.2. Características fisicoquímicas de los BPC's.

Las características fisicoquímicas de los BPC's están influenciadas por la cloración alrededor del anillo fenil, por ejemplo : el color es más oscuro y su viscosidad aumenta en la medida en que se incrementa el contenido de cloro , algunas de las propiedades más importantes de los BPC's son :

- **Peso específico mayor que el agua (densidad: 1.56 g/ml).**
- **Térmicamente estables.**
- **Alta tensión superficial (Baja volatilidad)**
- **Difícil oxidación y reducción.**
- **Prácticamente insolubles en agua.**
- **Excelentes aislantes eléctricos (alta constante dieléctrica).**
- **No flamables.**
- **No biodegradables (excepto aquellos BPC's con muy baja concentración de cloro).**
- **Resistentes a hidrólisis, ácida o básica.**
- **Resistentes a reacciones de fotodegradación.**
- **Resistentes a la mayoría de los agentes químicos.**

- **Prácticamente no metabolizables.**
- **Bioacumulativos.**

Estas características hacen de los BPC's persistentes y acumulativos en el ambiente.

Debido que los BPC's son muy poco solubles al agua y extremadamente solubles al aceite y grasa, tienden a romper el ecosistema acuático al penetrar el tejido biológico.

Cuando los Bifenilos Policlorados se encuentran en operación dentro de transformadores eléctricos, pueden ocurrir pequeños cambios en algunas de sus propiedades fisicoquímicas, como lo veremos en la tabla a continuación.

**VALORES TÍPICOS ENCONTRADOS EN EL ASKAREL BAJO
DISTINTAS CONDICIONES DE USO.**

	A	B	C	D	E	F
	Askarel Nuevo	Askarel en unidades nuevas.	Después de operación normal. 2 a 5 años de uso.	No resinoso pero ligeramente contaminado con agua en unidades mal ensambladas ó usadas.	El mismo Askarel que en la Columna D después del refinado.	Muy resinoso debido a fallas en el funcionamiento y mal mantto.
Puntos para chechar : Color.	Paja Claro.	Paja claro.	Paja claro.	Puede presentar sombas extrañas color azul, verde y rojizo.	Quedan sombas extrañas mostrando la extracción de color soluble en aceite.	Negro

	A	B	C	D	E	F
Partículas en suspensión	Limpio, libre de partículas	Limpio, libre de partículas	Limpio, trazas de partículas	Limpio ligeramente cargado de partículas.	Limpio, libre de partículas.	Contiene partículas de carbon.
Humedad a 25° C	30 ppm	30 ppm	10-70 ppm	20-100 ppm	30 ppm	Cerca de 125 ppm , nivel de saturación y posible agua sin disolver.
Tensión de Ruptura Dieléctrica a 25°C., 0.1 " abertura de electrodos..	35 KV mínimo	35-48 KV	35-45 KV	30-42 KV	40-45 KV	5-15 KV

Tabla. No.1.4 : Valores típicos encontrados en el askarel bajo distintas condiciones de uso.(1)

Cabe mencionar también que el fluido encontrado dentro de capacitores casi no tiene el olor característico y penetrante a solvente (debido al tri y tetraclorobenceno) que tiene el askarel nuevo. Esto sucede porque la fluidez no es un parámetro importante para el fluido aislante de los capacitores, el calor que generan no amerita el uso de radiantes ni corrientes de convección para refrigerarlos, por esto la forma externa de los capacitores es realmente simple : cilindros ó cajas rectangulares.

Las siguientes características son aquellas que marcaba el fabricante para el fluido aislante de dos marcas de equipos eléctricos : Transformadores de General Electric y Transformadores de Westinghouse. Nótese los diferentes nombres del fluido aislante utilizado, aunque se trata de lo mismo : BPC's con diferente formulación y cantidad de solventes.

ESPECIFICACIONES OFICIALES DE ASKAREL PARA TRANSFORMADOR

Propiedades Típicas	Transformador General Electric Co. (Pyranol A13B3B).	Transformador Westinghouse (Inerteen PPO (7336-9)).
Color, APHA	150 max.	150 max.
Condición	Limpio	Limpio
ppm de Agua (método ASTM D 1533-60)	30 max.	30 max.
Acidez, mg KOH/g (método ASTM D974-55)	0.014 max.	0.014 max.
Tensión de Ruptura Dieléctrica 25°C (método ASTM D877-49)	35 KV, min.	35 KV, min.

Tabla No.1.5. Especificaciones oficiales de Askarel para transformadores eléctricos.(1)

Nótese que aunque la lista de especificaciones es mayor, hasta ahora se trata de un fluido con formulaciones ligeramente distintas pero con características de funcionamiento iguales.

Hay que destacar que los BPC's no son, como norma de manejo, intencionalmente liberados en el ambiente, por lo menos no como parte de políticas gubernamentales. Su aparición en la naturaleza es debido al manejo impropio en industrias, centros de acopio de basura, derrames de los equipos que los utilizan, derrame intencional para reutilización de los recipientes que los contenían ó deterioro de éstos recipientes, etc.. Al contaminar mantos fríaticos (agua subterránea) é ingresar a las cadenas alimenticias se crea el problema de encontrarlos dispersos en el ambiente (4), en todos los ecosistemas.

1.3.Sustitución de aceite mineral por BPC's como fluido aislante en equipos eléctricos.

Durante lo que se conoce como la "guerra de las corrientes eléctricas", donde Tomás Alva Edison se encontraba defendiendo el uso de la Corriente Directa (CD) contra la utilización de la Corriente Alterna (CA) para la distribución de la energía eléctrica en Estados Unidos, se comenzaron a utilizar los transformadores eléctricos. En esos tiempos se llamaba "generador secundario" a los transformadores eléctricos.

Uno de los inconvenientes de utilizar la CD para distribución de la energía eléctrica es la necesidad de utilizar cables muy gruesos, lo cual aumenta considerablemente el costo y la infraestructura necesaria. Pero por otro lado al utilizar la corriente alterna el voltaje en la punta de los cables después de sólo 250 mt disminuía tanto que era inservible. Entonces se usó por primera vez un generador secundario, que como se mencionó anteriormente es un transformador, aunque rudimentario. La utilidad del transformador es que entra corriente alterna de cierto voltaje y se obtiene corriente alterna de mayor

(ó menor, si así se requiere) voltaje. Lo que facilitó el envío a grandes distancias de energía eléctrica.

Estos transformadores primitivos se calentaban mucho, por lo que requerían disipar energía del núcleo, y también necesitaban aislamiento entre espiras, para lo cual se pensó en utilizar cera de abeja, parafina y otros productos hasta que se experimentó con el aceite mineral, que es un hidrocarburo derivado del petróleo. Pero como se trataba de equipo rudimentario y debido a la falta de conocimiento que se tenía trabajaba bajo sobrecarga en la mayoría de los casos. Alrededor de 1880 ya se utilizaban transformadores eléctricos en las industrias, la “revolución industrial” había comenzado. (5)

En laboratorios de Universidades e Industrias ya se sabía que agregando cloro a algunos compuestos combustibles, éstos perdían combustibilidad. La continua experimentación eventualmente daría los frutos deseados para los fabricantes y usuarios de transformadores.

El aceite mineral funciona aislando aquellas partes metálicas dentro del transformador que se encuentran eléctricamente cargadas. En transformadores de baja capacidad no se requiere fluido aislante ya que la energía que se maneja

no es suficiente para ionizar el aire y producir un arco eléctrico. En aquellos transformadores de mayor capacidad es necesario el uso de un fluido aislante y refrigerante. El fluido funciona como refrigerante generando corrientes de convección que forzan al fluido dentro de los radiantes externos, enfriándose por conducción con el aire a través del acero del radiante. Cuando el fluido se enfría tiende a bajar dentro de los radiantes colaborando a las corrientes de convección que a su vez refrigeran el fluido.

El problema importante de resolver en ese entonces era el riesgo de explosiones é incendios que ocurrían frecuentemente en los centros de trabajo. Si aunamos la inflamabilidad del aceite debido a un diseño rudimentario más la falta de conocimiento y mantenimiento de los equipos el resultado era catastrófico: de pronto se oía un estruendo proveniente del transformador y en seguida brotaban llamaradas de aceite en combustión produciendo incendios y graves quemaduras a los operarios.

La frecuencia e intensidad de estos accidentes durante varias décadas propiciaron la experimentación y síntesis de fluidos no inflamables, aislantes y refrigerantes para sustituir al aceite mineral. Así se llegó a los Bifenilos Policlorados, uno de los mejores aislantes líquidos desarrollados por el hombre.

Pero debido a su alta viscosidad fue necesario diluirlo con solventes que también fueran buenos aislantes eléctricos y conductores del calor: Tricolorobenceno y Tetraclorobenceno. Al mezclar los Bifenilos Policlorados con los solventes mencionados anteriormente obtenemos el Askarel que es el nombre genérico para el líquido aislante y refrigerante no combustible utilizado por primera vez en 1932 por la Compañía General Electric para sus transformadores resistentes al fuego llamados Pyranol. La Compañía Westinghouse utilizó el nombre comercial Inerteen. (1)

La compañía Monsanto fue la principal productora de Askarel (ó BPC's para fines prácticos) registrándolo con el nombre de Aroclor en los Estados Unidos. La Compañía entró en el negocio en 1935 al adquirir la Compañía Swann Chemical. Desde 1935 hasta el comienzo de los años 70's la producción de BPC's fue aumentando para cubrir la demanda. Pero durante estos años Monsanto voluntariamente restringió la venta de Bifenilos Policlorados. Esto de debió primordialmente a que la producción de BPC's para usos dispersivos (fluidos hidráulicos, lubricantes, pinturas, barnices, selladores, plastificantes, papel copia sin carbón, etc.) aumentaba la probabilidad de contaminación de medio ambiente.

Los usos no dispersivos de los BPC's continuaron su comercialización en Estados Unidos hasta 1977. En ese año la manufactura de BPC's llevo voluntariamente a su fin, casi dos años antes de su prohibición por una ley llamada "acto de control de sustancias tóxicas" (U.S EPA).

1.4.Relación que guardan los BPC's con los Alimentos

En 1976 la Compañía Versar Inc., bajo contrato con el EPA (Agencia de Protección Ambiental Estados Unidos) llevo a cabo un inventario de los BPC's sólo en Estados Unidos de América. Las cantidades fueron estimadas y representan el intento de cuadrar el balance de masa de los BPC's fabricados contra los BPC's en uso mas los BPC's dispersos en el medio ambiente ya que los procesos naturales no son contribuyentes a las cantidades de BPC's existentes.

De las cifras documentadas (estimadas) aproximadamente 1.4 billones de libras de BPC's fueron producidas por Estados Unidos, de las cuales (hasta 1976) fueron destruidas 50 millones, 300,000,000 de libras se encontraban en confinamientos, 150, 000,000 de libras ya estaban dispersas en el medio ambiente, 150, 000,000 de libras fueron exportadas y 750,000,000 de libras permanecían en uso.(6)

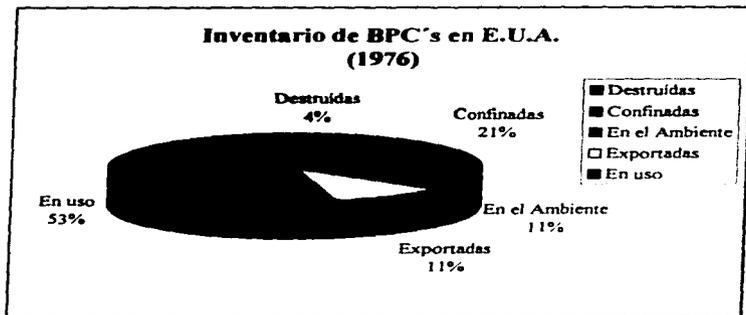


Fig. 1.6: Inventario de los BPC's producidos en Estados Unidos hasta 1976.

Según cifras aproximadas, la producción mundial de BPC's fue de 1,054,800 ton., de las cuales EU produjo 54% ó sea 569,592 ton., Europa el 28% con 295,344 ton., Japón el 11% con 116,028 ton. y la Unión Soviética 7% con 73,836 ton.(7)

Tenemos por un lado una cifra aproximada de 11% disperso en el ambiente de lo producido en Estados Unidos solamente, y si utilizamos éste mismo porcentaje para la producción mundial (1,054,800 ton.), obtenemos

116,026 ton. documentadas como dispersas en el ambiente. Pero no todo lo que está en uso se encuentra perfectamente a salvo de derrames, confinamientos no autorizados, tiraderos, etc. Si vemos la cantidad en uso de los BPC's en Estados Unidos (provenientes de la Fig.No.1) y su distribución (Fig.No.2), será posible tener una ligera idea de la magnitud de la contaminación por BPC's del medio ambiente. Ya que como se discute en el Capítulo siguiente, el aceite mineral utilizado como aislante y refrigerante en los transformadores eléctricos también puede estar contaminado con BPC's, magnificando enormemente la posibilidad del mal manejo de un fluido que aunque en sí no es dañino a la salud, al contaminarse con BPC's lo es.

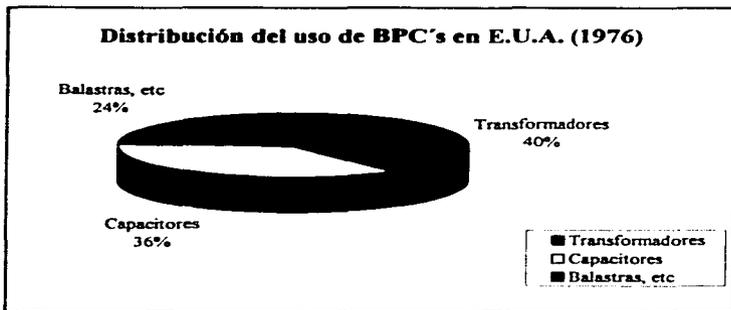


Fig.1.7 : Distribución de los usos de los BPC's.

40% de los BPC's producidos se destinaron a transformadores. Recordando la cifra de producción global (1,054,800 ton.), 421,920 toneladas de BPC's se encontraban originalmente dentro de transformadores eléctricos en todo el mundo.

Es muy importante mencionar que éstas cifras son un tanto conservadoras ya que es información delicada que se maneja a nivel internacional y puede perjudicar a los países que la presentan.

A finales de los 60's los BPC's fueron el centro de atención mundial debido a dos eventos muy importantes : a) El descubrimiento e identificación d BPC's en muestras de agua, suelo y aire tomadas por el Dr. Soresen Jensen y b) El incidente de Yusho en Japón.

a) Descubrimiento en el medio ambiente e identificación :

Al estar llevando a cabo una serie de estudios ambientales para detectar hidrocarburos clorados y DDT (diclorodifeniltricloroetano) el Dr. Jensen descubrió los BPC's. Su presencia, aunque un encuentro inesperado caracterizó a los BPC's como un contaminante ambiental por primera vez. Estudios subsiguientes detectaron BPC's tanto en áreas remotas como industriales. Esto permitió dar a conocer el fenómeno de la amplia distribución en el medio ambiente de los BPC's.

Algunas de las características que promovían a los BPC's como una maravilla tecnológica química, por ejemplo su estabilidad y no biodegradabilidad colaboraban a su presencia y persistencia en el medio ambiente. Los BPC's se encontraron en diferentes concentraciones en numerosas cadenas alimenticias (6).

Debido a su persistencia, alta solubilidad en grasas y relativa mala metabolización los BPC's son bioacumulables en las cadenas alimenticias al incrementarse la concentración en cada nivel trópico (biomagnificación).

Investigadores comenzaron a descubrir los problemas que los BPC's podían causar debido a su toxicidad en conjunción con su alarmante capacidad de concentrarse en el tejido adiposo de humanos y animales particularmente focas y otros animales marinos (bioconcentración) El gobierno canadiense tuvo que aconsejar a la población indígena Inuit de abstenerse de amamantar a sus bebés debido a que se encontraron altos niveles de BPC's en la leche materna. (4).

b) Incidente en Yusho, Japón.

El incidente ocurrido en Yusho, Japón, en 1968, involucró la contaminación de aceite de arroz por fluido (BPC's) proveniente de un intercambiador de calor y la posterior ingestión del aceite de arroz por una población humana aislada. Una epidemia de efectos adversos a la salud humana que inmediatamente se relacionaron a los BPC's. El fluido se analizó y se encontraron BPC's, dibenzofuranos policlorados (DFPC's) y cuarterfenilos

policlorados. Los últimos dos compuestos eran impurezas de los BPC's, y fueron relacionados directamente a los efectos adversos a la salud registrados. Aunque los DFPC's son mas tóxicos que los BPC's por varios niveles de magnitud (6).

2. Contaminación por (BPC's)

2.1. Descripción de los mecanismos de contaminación por BPC's

En numerosas ocasiones el peligro de los BPC's no se toma en cuenta porque al tratarse de derrame o mal manejo de otros fluidos se descarta la posibilidad de que sean BPC's. Por ejemplo es de conocimiento general que los albañiles usan aceite usado (quemado, que ya no cumple con las especificaciones del fabricante para equipos eléctricos y motores) para desfraguar armados de concreto, o que los carpinteros a veces utilizan aceite quemado para dar esa coloración tan especial a los muebles rústicos. El aceite mineral no representa un problema grave de salud al ser manipulado, el aceite quemado por otra parte sí puede contener compuestos dañinos a la salud y si este aceite o fluido se encuentra contaminado por BPC's entonces el daño a la salud se acrecenta.

Por lo tanto y para poder comprender mejor los mecanismos mediante los cuales los BPC's llegan a nuestros alimentos es necesario comentar como se contaminan los aceites minerales de los equipos eléctricos. Muchos de los cuales se encuentran en industrias alimenticias, supermercados, etc.

Los transformadores eléctricos, en cuanto a su sistema refrigerante y aislante, pueden ser de 4 tipos :

- a)De Askarel.
- b)De Aceite Mineral.
- c)De Silicon.
- d)De Aire.

Lo que nos interesa es conocer los mecanismos mediante los cuales el aceite mineral se contamina con Askarel. Algunos de estos mecanismos son :

- a)Al regenerar aceite usado.
- b)Al utilizar una filtradora contaminada.
- c)Al rellenar un equipo con aceite regenerado de dudosa procedencia (mas barato).
- d)Al utilizar tambores contaminados para aceite limpio.

Debido a que el aceite mineral se degrada y acidifica al usarlo en los transformadores, requiere de un proceso llamado filtrado que aumenta sus características dieléctricas depurando lodos ácidos y humedad. Este proceso se

realiza aproximadamente una vez por año por transformador y las ventajas principales son: se trata de un proceso rápido , económico, prolonga la vida del aceite y del transformador.

Para explicar como inició éste mecanismo de contaminación de aceite mineral, se recurre a una historia que lo ejemplifica : alguna vez se filtró Askarel en vez de aceite mineral contaminando, el equipo de filtración (que consta de bombas, mangueras, filtros, etc.) quedó impregnado de Askarel, posteriormente la máquina filtradora filtró el aceite de un transformador limpio, contaminándolo. Al año se cambió de proveedor, y la máquina filtradora limpia del nuevo proveedor filtra el aceite contaminado del transformador. Difundiéndose así la contaminación como si se tratara de una epidemia. Las concentraciones se diluyen pero según la Norma Oficial Mexicana NOM-052-Ecol.-1993 (8) que "establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente" si un aceite contiene 50 ppm ó mayor concentración de BPC's se trata de aceite contaminado, lo cual representa una cantidad muy pequeña de BPC's.

La regeneración del aceite es un proceso parecido a la filtración pero se realiza a grandes volúmenes de aceite usado a la vez. El elevado costo que implicaría un análisis minucioso de cada tambor que ingresa a la planta regeneradora limita esta practica. Pero existen plantas regeneradoras de aceite usado muy confiables que analizan lotes enteros de producto terminado y se diluye el aceite contaminado si hubiese. Pero la dilución no es la solución porque en los organismos vivos los BPC's se bioacumulan, que es en cierta forma el proceso contrario.

La industria alimentaria, tanto para humanos como animales es particularmente vulnerable a la contaminación con Bifenilos Policlorados. En Estados Unidos la Agencia de Protección Ambiental tiene la responsabilidad de reglamentar y controlar el uso de los BPC's y otras sustancias tóxicas en cooperación con otra agencia gubernamental llamada FDA (Food and Drug Administration) la cual, entre otras actividades, reglamenta sustancias químicas en los alimentos y su uso como por ejemplo en comida para humanos y animales destinados para consumo humano, como en fertilizantes para plantas destinadas a consumo humano. Estas dos agencias gubernamentales trabajan en conjunción con el departamento de agricultura el cual es responsable de la

seguridad de la carne de roja y pollo para proteger la comida de contaminación con BPC's.

Desde mediados de los años setenta la Agencia de Protección Ambiental (EPA) a preparado y distribuido información para alertar sobre los serios problemas potenciales asociados con el uso de equipo eléctrico conteniendo BPC's en la industria alimentaria. Así como proveer información que ayude a establecer un programa para la prevención de la contaminación en este tipo de industrias.

Veinte años atrás no solo se conocía el enorme daño al medio ambiente y el costo de la destrucción de grandes cantidades de alimento en otros países, sino que también se urgía alertar a los gerentes, empleados y proveedores de este tipo de plantas sobre la problemática de la contaminación con BPC's y la necesidad de constituir un programa de acciones preventivas sin mas demora. En nuestro país, como lo veremos en el capítulo ocho, apenas estamos empezando.

Incidentes como el de Yusho ilustran de forma muy dramática las consecuencias de contaminación con BPC's en industrias alimentarias. Este

tipo de incidentes generalmente no se da a conocer públicamente por el daño y prestigio a las compañías involucradas, mas sin embargo han sucedido muchas veces. A continuación se listan algunos de estos incidentes :

- **El descubrimiento de BPC's en harina de pescado utilizada como alimento para ganado en Carolina de Norte, Estados Unidos como resultado de un intercambiador de calor con fugas,**
- **Contaminación de harina de pescado en Puerto Rico, Estados Unidos como resultado de incendio de transformadores eléctricos almacenados en la misma bodega que la harina de pescado,**
- **La muerte y grave enfermedad del ganado de Kansas, Estados Unidos causado por el uso de aceite mineral contaminado con BPC's como vehiculo para insecticida,**
- **La contaminación de ingredientes para alimento de animales con BPC's fugando de un transformador almacenado en una compañía empacadora en Billings, Montana, Estados Unidos. (9)**

Si estos incidentes que provocaron la destrucción de grandes cantidades de alimentos, problemas legales y financieros a las compañías involucradas suceden en países industrializados y del primer mundo, ¿ Que no sucederá en nuestro País ?.

Para minimizar y en lo posible evitar que estas situaciones se den en México, el I.N.E., a través de la SEMARNAP (Secretaría de Marina, Recursos Naturales y Pesca) y la PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente) llevan a cabo acciones para que se cumpla la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y en lo particular en lo referente al Reglamento para Residuos Peligrosos por las industrias. Se discutirá con mayor amplitud este tema en el capítulo 6.

2.2 Contaminación de los alimentos con BPC's

Después de revisar la información sobre los equipos eléctricos que contienen los BPC's y conocer los mecanismos de contaminación y de operación de éstos equipos, el paso siguiente es relacionar todo esto con los BPC's, su entrada y bioconcentración en las cadenas alimenticias. A continuación se analizarán varias rutas mediante las cuales esto sucede.

Las rutas por la cuales los BPC's entran, se transportan, acumulan y distribuyen en el medio ambiente se describen a continuación. El agua juega un papel muy importante en los mecanismos descritos anteriormente, ya que a diferencia del aire, el agua puede acarrear grandes cantidades de BPC's por las mismas rutas físicas (al mismo río ó lago) durante un largo periodo de tiempo.

No obstante que los BPC's ya no se fabrican, todavía se consideran importantes contaminantes a nivel global debido a su movilidad, persistencia y capacidad de bioacumularse. Originalmente entraron (y entran) al medio ambiente como mezclas complejas que pueden cambiar en composición a

medida que se mueven en el medio ambiente, hasta que eventualmente pueden degradarse.(10)

Entrada, transporte y distribución en el medio ambiente. Agua.

1. Debido a su uso generalizado, tanto como Askarel ó como aceite mineral contaminado, en industrias de todo tipo, es completamente concebible (y real) que a los BPC's se derramen accidentalmente al llevar a cabo tareas de mantenimiento de los equipos así como filtrados frecuentes. Las coladeras encontradas en la mayoría de las subestaciones eléctricas (sobre todo en las más antiguas) descargan en drenajes municipales que llegan a plantas de tratamiento de aguas donde no hay método implementado alguno para la extracción particular de los BPC's. Se trata de un contaminante más que es ignorado en éstos sitios de tratamiento.
2. También se pueden presentar fugas o perdidas durante la operación normal y durante la fabricación de capacitores, balastras, transformadores, etc., que sufren la misma suerte : contaminación del agua a través de los drenajes municipales.

3. **Derrames y lixiviaciones** de aquellos equipos ó contenedores que se encuentran confinados ó malamente enterrados. La Ley mexicana prohíbe el confinamiento de BPC's precisamente por éstos motivos.
4. En ocasiones se almacenan temporalmente equipos ó tambores con BPC's sin resguardo del agua de lluvia ni de las inclemencias del clima, lo cual naturalmente deteriora éstos envases y poco a poco **el agua de lluvia acarrea los BPC's** hasta ríos de agua subterránea, lagos y mares. Aunque los BPC's son prácticamente insolubles en agua, debido a su naturaleza no polar, ésta sin embargo sirve de vehículo para su transporte.

Modelo de Transporte de BPC's en el Medio Ambiente.

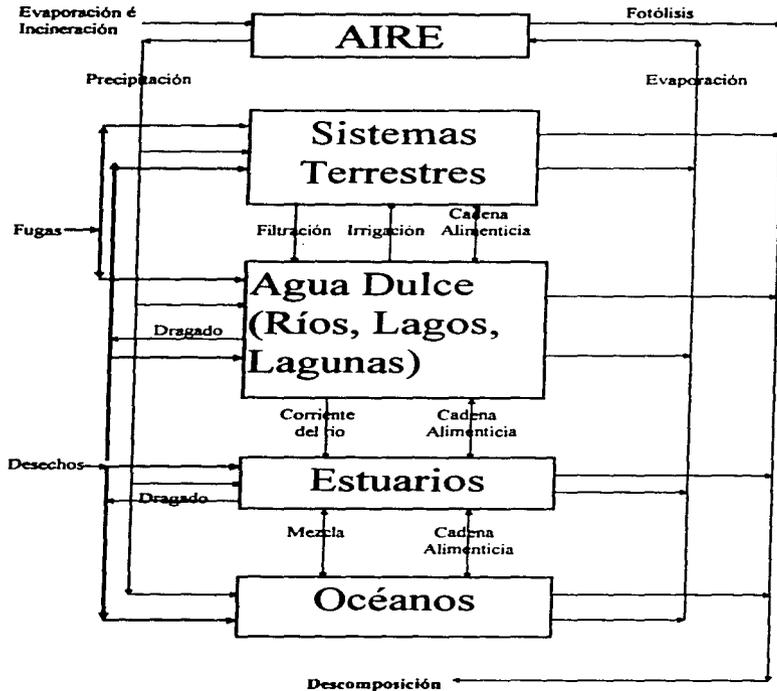


Fig. No.2.2, Modelo de transporte de BPC's en el medio ambiente.(11)

Entrada, transporte y distribución en el medio ambiente. Aire.

1. Parte de la contaminación atmosférica por BPC's y solventes organoclorados que los acompañan (tri y tetraclorobenceno) proviene del calentamiento de los equipos y envases que los contienen y su evaporación hacia la atmósfera, a pesar de la baja volatilidad de los BPC's. Las corrientes de aire se encargan de que las partículas viajen grandes distancias y se depositen en lugares tan alejados como los polos y capas de hielo glaciares, donde la presencia del ser humano es ya evidente.

2. A pesar de que el método más confiable y utilizado para la destrucción de los BPC's y muchos otros contaminantes ecológicos es **la incineración a altas temperaturas**, esto también contamina. El porcentaje de eficiencia con el que trabajan los mejores incineradores a nivel internacional es de 99.9999%,(12) lo cual implica que un 0.0001% del desecho no es destruido, y al multiplicar este porcentaje por los miles de toneladas al año que se destruyen se obtiene un valor, que aunque es despreciable comparado con la cantidad que se dispersaría en el medio ambiente sin el uso de ésta tecnología de destrucción.

Entrada, transporte y distribución en el medio ambiente. Otros.

1. El uso de los BPC's en algunas formulaciones de plaguicidas, con la finalidad de disminuir la volatilidad de estos, provoca una dispersión constante sobre cosechas para alimento humano y animal. Esta es una de las formas más directas de contaminación de los alimentos.
2. Otro de los numerosos usos de los BPC's fue (y es) como molusquicidas. Los cascos de barcos son tratados con una pintura especial que contiene BPC's y/o sustancias organocloradas para prevenir el desarrollo y adherencia de algunos moluscos. El constante roce del agua de mar contra el casco de los barcos provoca poco a poco un arrastre y distribución de los BPC's sumamente efectiva. Por tener una densidad mayor que el agua, los BPC's tienden a hundirse hasta las profundidades de los océanos donde habita una infinidad de especies marinas que sirven de alimento a especies de mayor tamaño y eventualmente terminan en nuestros alimentos. Se han encontrado altos niveles de BPC's en el pez gato capturado en aguas cercanas a Anniston, uno de los lugares en los Estados Unidos en donde se producían los BPC's.(11)

3. Al utilizar los BPC's en papel de copia sin carbón (práctica que se encuentra prohibida en países del primer mundo) y debido a su afinidad a las grasas y compuestos no polares, se presenta la contaminación directa del ser humano a través de la piel (transporte de ácidos grasos a través de la membrana celular). Los BPC's entran al torrente sanguíneo donde viajan y se acumulan en el hígado, riñones, etc.

4. Los incineradores municipales y domésticos así como la combustión de desechos al aire libre son fuentes adicionales de emisión de BPC's y sus subproductos (todavía más peligrosos : dioxinas y furanos) hacia la atmósfera. Una práctica que está aumentando en nuestro país es el uso de aceite mineral con distintas concentraciones de BPC's como combustible alternativo en hornos de cemento. Estos hornos no cuentan con la tecnología y controles necesarios para una incineración adecuada de BPC's, los cuales no sólo son liberados a la atmósfera sino forman parte del cemento que utilizamos para construir nuestras casas y escuelas. Aclarando que algunas compañías utilizan aceites usados como combustible alternativo en hornos de cemento, lo cual es una excelente práctica ambiental y legalmente aceptada. Estas compañías realizan numerosos estudios para verificar la inexistencia de BPC's en los aceites usados reciclados como combustible alternativo.

Para hacer frente al problema del manejo inadecuado de los desechos, la compañía Monsanto creó hace más de veinte años y para el uso de sus clientes, un depósito con una capacidad de 10 millones de libras al año. A un año de haberse iniciado este servicio se habían acumulado en este lugar 500 mil libras de desechos de BPC's , las cuales permanecían almacenadas mientras se terminaba un incinerador adecuado.

Como resultado de las restricciones que hizo la compañía Monsanto sobre la distribución y el uso de estos compuestos en los Estados Unidos, los residuos presentes en el medio ambiente, en Norteamérica declinarian gradualmente durante un periodo de unos 10 años y varios tipos de contaminación del medio ambiente ya se han reducido. (11)

A continuación se listan los límites permitidos por la EPA en Estados Unidos de BPC's en diversos alimentos.

Alimento	Concentración (ppm)
Leche y Productos Lácteos	1.5 (en grasa)
Pollo	3 (en grasa)
Carne Roja	3 (en grasa)
Huevo	0.3 (en grasa)
Pescado y Molusco	5 (Porción comestible)
Alimento de animales destinados a alimento humano	0.2 (Excepto concentrados, suplementos y premezclas)
Alimento para infantes	0.2
Componentes de origen animal destinados a alimentación animal.	2.0
Empaque de papel en contacto directo con la comida.	10

Tabla No.2.1 : Limite de BPC's en Alimentos. (2)

3. Detección y cuantificación de BPC's.

Todavía no se ha logrado obtener un método universalmente aceptado para cuantificar y expresar la concentración de BPC's al realizarse análisis cromatográficos solamente, debido principalmente a que existen 209 congéneres en la familia de compuestos de BPC's. Mediante técnicas de cromatografía únicamente, la cantidad 'total de BPC's' es virtualmente imposible de cuantificar.(10) Por esto para obtener un valor verídico del 'total de BPC's' es necesario utilizar métodos analíticos absolutos, como por ejemplo la Espectrometría de Masas ó la cromatografía capilar de alta resolución (HRGC por sus siglas en Inglés).

Acoplado un cromatógrafo de gases a un espectrómetro de masas es posible obtener un valor 'total de BPC's' verídico, absoluto, definido como la suma de las concentraciones absolutas de todos los congéneres que componen una mezcla en particular.(10). Debido a que no es posible obtener comercialmente todos los estándares de los posibles 209 congéneres de BPC's, los análisis realizados únicamente con cromatógrafos de gases son parciales, aún cuando se especifica la concentración encontrada de tal isómero.

Más adelante en éste mismo capítulo se comentará más sobre éstos métodos de análisis de BPC's.

3.1.Métodos de detección preliminar de BPC's.

Existen numerosas formas de detección a priori de BPC's. Para fines prácticos se enumeran algunas de las más comunes:

1)Mediante su olor característico a solvente. Aunque los BPC's no son volátiles, en condiciones normales de temperatura y presión, sus solventes, triclorobenceno y tetraclorobenceno si lo son. El olor es penetrante y característico de este tipo de fluido aislante. Este aroma también puede encontrarse en papel de copia sin carbón.

2)Conociendo que los BPC's tienen una densidad 60% mayor que la del agua, podemos llevar a cabo ésta sencilla prueba colocando una gota del fluido problema en agua. Si se hunde es posible que se trate de Askarel.

Aunque es un método sencillo no se aconseja que se lleve a cabo por el peligro que involucra el manejo indebido del askarel, más aún estaríamos aumentando la contaminación.

3) Mediante el uso de kits de pruebas que se venden en México. Estos kits detectan la presencia de cloro mediante una prueba colorimétrica en fluido aislante de transformador eléctrico. Se basa en la premisa que la única fuente de cloro en un fluido aislante son los BPC's.

El kit se llama clor-n-oil, es económico, rápido y funciona primero extrayendo el cloro de la molécula de BPC con sodio metálico disperso en aceite ligero. Posteriormente se agrega solución acuosa amortiguadora de Ph (7 ml de : 0.18 M de NaH_2PO_4 + 0.3 N de HNO_3) y se separan las fases. En la fase oleosa, que debe quedar arriba, se encuentran los bifenilos, el aceite mineral y cualquier otro material no polar. Si las fases quedan invertidas, ó sea la oleosa abajo y la acuosa arriba, se trata de puro BPC y la prueba debe ser descontinuada. En la fase acuosa quedan los iones cloruro que al reaccionar con nitrato de mercurio forma cloruro de mercurio, una falta de cloro deja Hg libre que reacciona con la solución de 0.1 % de bifenil carbazona en etanol para formar un compuesto con coloración azul. Un exceso de cloro reacciona con la totalidad del Hg no permitiendo que este reaccione posteriormente con la bifenil carbazona para producir coloración azul-violeta. Si hay coloración azul-violeta entonces no hay BPC's.

Desde luego que el kit no es infalible. Existen resultados falsos positivos debido a cloro de otra fuente : sudor, atmósfera, otros compuestos clorados en la muestra, etc.

4)Otra prueba para detectar cloro consiste en verificar la coloración de la flama al calentar un extremo de alambre de cobre humedecido con el fluido desconocido. Los pasos a seguir para llevar a cabo ésta sencilla prueba son los siguientes :

a)Calentar un extremo de alambre de cobre, de 2 ó 3 mm de diámetro, limpio y sin recubrimiento aislante en flama azul de gas butano. Si el alambre está originalmente limpio, entonces no habrá coloración de la flama hasta que el cobre se vea color naranja fluorescente, en ese momento la flama será de color naranja.

b)Permitir que al alambre se enfríe é introducir en el fluido problema. Colocar en la flama. Puede aparecer una coloración amarillenta y un poco de humo. La presencia de cloruro será indicada por una coloración verde brillante debido a

la reacción que produce iones de cobre en la flama, el color amarillento no debe observarse más.

Nota : Cuando los BPC's se descomponen a altas temperaturas se producen gases que contienen ácido clorhídrico, que es un gas irritante y corrosivo. Realizar ésta prueba en un lugar bien ventilado.

Esta prueba para detectar cloro no es infalible pero es suficiente para distinguir entre hidrocarburos clorados y otros tipos de aceite (mineral, vegetal, silicon, grasas ó ceras).(13)

3.2.Métodos de cuantificación de BPC's.

Para cuantificar los BPC's se utilizan tres tipos de análisis , a) la cromatografía de gases (GC), b) la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, (GCMS) y c) la cromatografía capilar de alta resolución (HRGC).

a) Cromatografía de gases.

Se trata de una técnica antigua pero ampliamente utilizada de separación y comparación de tiempos de retención de sustancias en una columna capilar. Un número muy pequeño de picos es separado utilizando los tiempos de retención y cuantificado utilizando el área bajo la curva de los picos. Los tiempos de retención de las sustancias son como una huella digital, característica de ésta sustancia solamente. Mediante la comparación de los tiempos de retención de los distintos isómeros de BPC's con las muestras problema se puede identificar y cuantificar con bastante precisión. El área bajo la curva es proporcional a la concentración de sustancia problema. El inconveniente que se presenta es que el número de los estándares internos

manejados comercialmente es muy inferior al número de posibles isómeros de BPC's, 209. Lo que provoca un resultado a medias.

Desde hace tiempo se ha notado que los valores determinados mediante ésta técnica son problemáticos para su interpretación y comparación debido principalmente a que la mezcla estándar se cambia de muestra a muestra por el analista para tratar de igualar el patrón de contaminación. Si el análisis anterior fue de Aroclor 1242 solamente y se quiere comparar el mismo, el analista necesita utilizar la mezcla estándar 1242 aunque la muestra problema puede contener arocloros 1254 y 1260 por ejemplo.

b) Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

Esta técnica utiliza al cromatógrafo de gases como un separador de la muestra problema en sus componentes. El espectrómetro de masas ioniza los componentes separados y realiza un barrido electrónico de todos los iones para buscar iones de BPC's comparando sus masas teóricas.

Se trata de una técnica absoluta y altamente confiable ya que se realiza el barrido de todos los congéneres basándose en el principio de que se trata de

una familia de isómeros. Isómeros se define como dos ó más moléculas que tienen el mismo peso molecular pero diferente arreglo molecular. Entonces al barrer electrónicamente sólo 10 pesos moleculares (ver lista de isómeros en el capítulo 1), se obtiene un resultado absoluto.

c) La cromatografía capilar de alta resolución (HRC).

Este método se califica como moderno, aunque en términos de su efectividad para dar un resultado absoluto, no es mejor que GCMS. De hecho se trata de una innovación en alta resolución de la cromatografía de gases normal. En éste tipo de cromatografía muchos, aunque no todos, de los congéneres de BPC's pueden ser resueltos en picos individuales en un cromatograma.

Esto sirve para dos cosas : primero para obtener mejores estimaciones de la cantidad total de BPC's en una muestra y segundo para poder estimar la concentración de congéneres individuales.

En la práctica ninguna fase estacionaria tiene la suficiente capacidad de separación ó resolución para separar todos los congéneres presentes como contaminación. También porque la presencia de otros compuestos en las

muestras problema no son separados fácilmente, por ejemplo DDT de BPC, y generalmente aparecen picos adicionales en los cromatogramas que pueden provocar incertidumbre é interferencia con este tipo de cuantificación.(10)

Aunque en el método 8081 de la EPA para el análisis y caracterización de BPC's si permite una mayor separación de congéneres. El método 8080 es aceptado en México para que aquellos laboratorios aprobados lleven a cabo sus determinaciones. Este método es usado para determinar la concentración de varios pesticidas organoclorados (Aldrin, chlordane, DDT, Dieldrin, Endrin, Endosulfan, Heptachlor, Tozaphene, etc.) y bifenilos policlorados, que para fines de la metodología de análisis se consideran como pesticidas clorados.(14)

4.Toxicidad de BPC's.

Actualmente existe un debate sobre la toxicidad de los BPC's. Algunos dicen que no son tan cancerígenos mientras que otros apoyan la teoría de que son altamente cancerígenos. Realmente hasta que no se lleven a cabo cuidadosos experimentos aprobados por las dos corrientes ideológicas, no se llegará a un acuerdo.

Por un lado la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S.E.P.A.) ha llevado a cabo numerosos experimentos de los cuales resulta que los BPC's son altamente cancerígenos. Mientras científicos europeos han revisado éstos experimentos y encontrado que algunas variables utilizadas son muy generales y sólo algunos congéneres de BPC's son cancerígenos.

Lo que sí está reconocido es que los constituyentes de las complejas mezclas que entraron y continúan entrando al medio ambiente varían ampliamente en su composición, toxicidad y presentan algunas características similares con sustancias si reconocidas como muy peligrosas, las dioxinas.(10)

En años recientes los científicos han propuesto que algunos compuestos químicos están alterando los sistemas endócrinos (hormonales) de los seres humanos y de los animales. El sistema endócrino ayuda a guiar el desarrollo, crecimiento, reproducción, conducta y otras funciones del organismo tanto en humanos como en animales. Está formado por glándulas endócrinas y hormonas. La pituitaria, la tiroides el páncreas, las glándulas adrenales, las gónadas masculinas (testículos) y femeninas (ovarios). Las glándulas endócrinas producen hormonas y las secretan directamente en el torrente sanguíneo. Las hormonas son mensajeros químicos que viajan a por la sangre hasta tejido y órganos distantes, donde se ligan a sitios específicos en las células llamados receptores. Al ligarse con los receptores las hormonas provocan respuestas en los tejidos que contienen los receptores.

Los BPC's son posibles modificadores del sistema endócrino, afectando cualquiera de las numerosas etapas de producción y actividad hormonal como por ejemplo previniendo la síntesis de hormonas, interfiriendo directamente con los receptores hormonales ó interfiriendo con la degradación natural de las hormonas.

También se ha teorizado que la alteración del sistema endócrino puede resultar en cáncer, daño a los sistemas reproductores de hombres y mujeres, daño a la glándula tiroides y otras consecuencias adversas a la salud.(15)

4.1.Toxicidad de BPC's en animales.

Los Bifenilos Policlorados raramente causan toxicidad aguda, la LD₅₀ (dosis letal en el 50% de los animales de laboratorio) se puede apreciar en la tabla siguiente.

Aroclor	Animal	LD₅₀, mg/Kg. de peso
1254	ratas recién nacidas	1,295
1260	ratas recién nacidas	1,315

Tabla No.4.1 : Comparación de la LD₅₀ de diferentes tipos de BPC's.

Efectos tóxicos en animales incluyen: carcinoma hepatocelular, hipertrofia del hígado, adenofibrosis, pérdida de peso y pelo, edema en la boca y párpados, lesiones tipo acné, disminución de hemoglobina y hematocritos, ulceración de la mucosa gástrica y reducción en la habilidad para

reproducirse.(16) Sustancias que causan estas lesiones pueden ser razonablemente consideradas como carcinógenas.(17)

Pero en contraste con esta versión sobre los daños que pueden ocasionar los BPC's en animales está la versión de la Dra. Renate D. Kimbrough, con residencia en Washington, Estados Unidos. Ella manifiesta que los resultados de estudios previos no habían sido correctamente interpretados ya que por un lado fue tendencioso el uso de sólo aquellos resultados que marcaban un alto factor de potencia cancerosa (FPC) alto, de 7.7 mg/Kg=día (USEPA) fueron utilizados y por otro lado la clasificación de las lesiones hepáticas proliferativas encontradas han sido revisadas y reclasificadas, encontrándose un menor índice de tumores malignos en las ratas.

Basándose en la nueva interpretación de los datos obtenidos de los mismos experimentos se obtiene un factor de potencia cancerígena (FPC) de aproximadamente 1.9, siendo este valor 4 veces menor del FPC empleado por la EPA.

Según la Dra. Kimbrough existen dos posiciones sobre la reglamentación de BPC's de la EPA que son erróneas. La primera, el asumir que todas la

formulaciones de BPC's son carcinógenos humanos ; la segunda, el asumir que todas la formulaciones de BPC's tienen la misma potencia cuantitativa de causar cáncer. Pero debido a que nueva información y conocimientos están siendo obtenidos pero no están siendo incorporados dentro de la reglamentación que abarca el riesgo de BPC's esta debe ser revisada.

Unicamente la mezcla de BPC's 60% clorados (1260) produce respuesta inequívoca de carcinoma hepatocelular en ratas. Pero solo el 12 % de los BPC's utilizados en Estados Unidos representan BPC's 1260.

Comparando los niveles a los cuales efectos adversos ocurren tanto en humanos como en animales de laboratorio los resultados sugieren que los humanos son menos sensibles a los BPC's que los primates. (10)

4.2.Toxicidad de BPC's en humanos.

El impacto mas significativo de los BPC's en la salud puede ser causado por la combustión incompleta durante el proceso de tratamiento térmico. La oxidación incompleta de los BPC's pueden formar emisiones de dibenzofuranos policlorados (DFPC) (18) y dibenzodioxinas policloradas (DDPC), los cuales son gases a temperatura ambiente y venenos muy poderosos. Lo que significa que con una cantidad muy pequeña basta para causar la muerte.

Las personas y la mayoría de los animales absorben los BPC's por la piel, los pulmones y por el aparato gastrointestinal, una vez que estos compuestos se encuentran dentro del individuo son transportados a través del torrente sanguíneo hasta el hígado y musculos. El hígado es el órgano que actúa como filtro de estas moléculas extrañas. Los Bifenilos Policlorados tienden a acumularse en el tejido adiposo.

En la industria la absorción por la piel (ruta cutánea) es la principal ruta de exposición a estos contaminantes, y la ingestión es la ruta primaria en la

exposición ambiental. Se conocen casos en los que se encontraron BPC's en un feto humano; éste los absorbió vía la sangre de la placenta que lo alimentaba.

Los efectos tóxicos de los BPC's en humanos y animales puede variar de acuerdo a la ruta de exposición, edad, sexo y área del cuerpo en donde los BPC's se concentran. Los científicos han estimado la vida media biológica de los Bifenilos Policlorados en el suero humano que puede ser de 33 a 34 meses para los congéneres altamente clorados y de 6 a 7 meses por lo menos para los menos clorados (32).

Se especula que los BPC's son los promotores de tumores y defectos de nacimiento.

Algunos problemas de salud relacionados con BPC's :

- **Cloracné (Lesiones cutáneas).**
- **Perdida progresiva de peso.**
- **Daño de médula ósea.**
- **Disfunción del sistema reproductivo.**

- Dolor abdominal.
- Entumecimiento de las extremidades.
- Hinchazón de las articulaciones.
- Tos Crónica.
- Irregularidad menstrual.
- Desarrollo anormal de la dentadura.
- Nacimientos de bajo peso.
- Hiperpigmentación .
- Fatiga.
- Dolor de cabeza.

La correlación observada entre la toxicidad y la producción de la aril hidrocarbonhidroxilasa (AHH), que es una encima monoxigenasa dependiente de la P-450 citocromática inducida al metabolizar diversas drogas ; sugiere que esta producción puede ser utilizada como un indicador de la toxicidad potencial de los BPC's.

Los más potentes inductores de la producción de la AHH son compuestos para y meta sustituidos. Posteriormente se descubrió que sólo 4 de éstos compuestos (3,3',4,4'-tetra, 3,4,4',5-tetra, 3,3',4,4',5-penta y 3,3',4,4',5,5'-hexaclorobifenil) promovían la producción de AHH y la enzima P-450

citocromática y producen los efectos tóxicos asociados con hidrocarburos clorados.

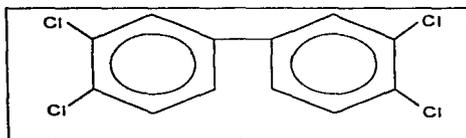


Fig. No.4.2 : 3,3',4,4'-tetra-clorobifenilo

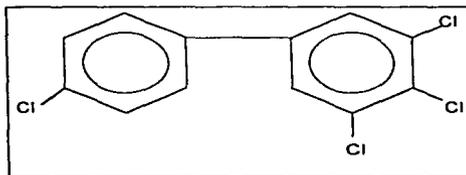


Fig. No.4.3 : 3,4,4',5-tetra-clorobifenilo

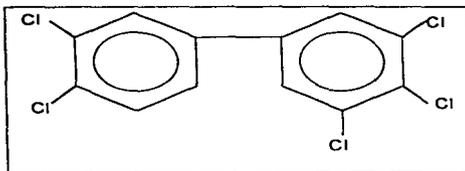


Fig. No.4.4 : 3,3',4,4',5-penta-clorobifenilo

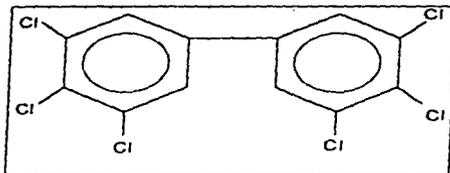


Fig. No.4.5 : 3,3',4,4',5,5'-hexaclorobifenilo

Posteriormente se sintetizaron y analizaron los efectos tóxicos de las ocho estructuras análogas a las mencionadas anteriormente resultando un espectro de efectos tóxicos biológicos similares a aquellos identificados para los BPC's comerciales y extractos obtenidos de muestras ambientales. Por lo tanto a estas ocho estructuras análogas de BPC's se les atribuye la mayor toxicidad.

Según investigadores, los seres humanos han sido expuestos a los BPC's por tres vías diferentes : ambiental, ocupacional y accidental. Los efectos de los BPC's en humanos se han determinado estudiando a los individuos expuestos ocupacional ó accidentalmente, ya que se considera que éstos grupos son los

que han estado expuestos a los más altos niveles de contaminación. Los efectos más notables observados durante el envenenamiento de Yusho en Japón y Taiwan incluyen cloracné, cambios en la piel, daño ocular, aumento de triglicéridos en suero sanguíneo, problemas reproductorios, alteraciones en el metabolismo de esteroides, aumento de los niveles de BPC's en el suero sanguíneo, aumento de los niveles de BPC's en tejido adiposo y efectos al sistema inmunológico.

Los resultados de la investigación realizada por el Dr. Stephen Safe de la Universidad A&M de Texas sugieren que los DFPC's son el mayor agente tóxico causante del envenenamiento de Yusho. Los niveles de DFPC's del aceite de Yusho son mucho mayores a los niveles encontrados en mezclas comerciales de BPC's.

Por estas razones el estudio del riesgo que provocan los BPC's no debería basarse en los resultados de la intoxicación de Yusho, sino a los efectos causados a aquellos trabajadores expuestos a altas concentraciones de BPC's. Y ya que estos efectos son escasos se puede inferir que el efecto negativo a la salud debido a la exposición ambiental a los BPC's es también muy poco significativo.(19).

4.3. Relación entre BPC's, dibenzofuranos policlorados (DFPC) y dibenzo dioxinas policloradas (DDPC).

Tanto las dioxinas como los furanos son nombres comunes que se les da a las dibenzodioxinas policloradas y a los dibenzofuranos policlorados. Gran parte de su toxicidad se debe a que, por ejemplo, las dioxinas se asocian al ADN y originan lecturas erróneas del código genético (20)

Las dioxinas y los furanos no han sido manufacturados como productos por sí mismos, excepto a nivel laboratorio para experimentos, sino que se han producido como impurezas de otros productos ó procesos. Se han producido de dos formas : 1)en los procesos de manufactura de ciertos pesticidas, conservadores, desinfectantes y productos de papel ; 2) cuando se queman materiales a bajas temperaturas, como por ejemplo gasolina con plomo, polivinil cloruro (PVC), papel y madera, BPC's, etc.(33)

Dibenzo Furanos Policlorados (DFPC's) : son una familia de compuestos tóxicos presentes en los gases resultado de la combustión de compuestos

orgánicos y cloro ú organoclorados y se encuentran generalmente junto con las dioxinas.

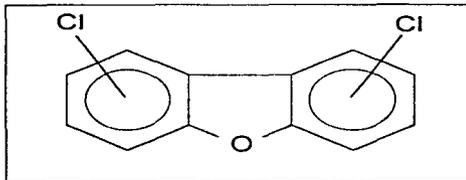


Fig. No.4.6 : Molécula genérica del Dibenzo Furano Policlorado (DFPC)

Los bifenilos policlorados son una importante fuente de furanos, los cuales son contaminantes de mezclas comerciales de BPC's. En situaciones de fuego ó derrames de BPC's se promueve la liberación de éste contaminante al medio ambiente.

Altos niveles de dioxinas y furanos son asociados a fuentes específicas como incineradores con tecnología anticuada, tiraderos de productos químicos,

fábricas de pulpa y papel que utilizan cloro en el proceso de blanqueo del papel, etc.

Investigaciones recientes han confirmado que altas dosis de **dioxinas y furanos** pueden dañar la salud de animales de laboratorio, pero debido a que el impacto de estas sustancias en humanos y vida salvaje es **menos conocido** existe mucha controversia a nivel público en general y en la **comunidad científica** sobre éstos contaminantes.

A diferencia de los BPC's, y a pesar de que son generalmente **asociados con actividades industriales**, las dioxinas y furanos si se encuentran **naturalmente en el medio ambiente** ya que son generados en incendios forestales y otros medios naturales.

Las personas que viven en naciones industrializadas en todo el mundo están **constantemente expuestas** a pequeñas cantidades de dioxinas y furanos debido a su presencia en la comida, aire, agua y tierra. Científicos han demostrado que **la comida es la mayor fuente** de dioxinas y furanos en humanos.

Debido a que las dioxinas y furanos son solubles en grasas pueden acumularse **en los organismos de animales y humanos**, pero las concentraciones que se

encuentran naturalmente en el medio ambiente no causan efectos a largo plazo. Aunque en altas concentraciones se ha demostrado que sí causan daño a animales de laboratorio. El impacto varía de especie a especie, por ejemplo los "guinea pigs" son muy sensibles mientras que los hamsters requieren de una dosis 5000 veces mayor para estar afectados.

Los animales expuestos a la 2,3,7,8-DDTC mencionados anteriormente mostraron pérdida de peso, enfermedades en la piel, efectos en sus sistemas inmunológicos, daño en la función del hígado, enzimas y sistema reproductor (incluyendo defectos de nacimiento) y un aumento en el número de tumores.

En humanos expuestos a la 2,3,7,8-DDTC se ha observado una condición de la piel llamada cloracné, que es similar al acné y también puede ser causado por exposición a otros compuestos organoclorados y normalmente desaparece varios meses después de que la persona afectada deje de estar en contacto con el contaminante. Algunas personas expuestas a productos químicos contaminados con dioxinas y furanos han padecido de otras enfermedades en la piel, hígado, sistema inmunológico, sentidos y en la conducta.

Debido a que constantemente nueva información se produce como resultado de investigaciones, todavía no se concuerda en un nivel máximo permitido de

ingesta para la población en general. Pero se continúan llevando a cabo investigaciones y experimentos para llegar a homologar éstos conceptos. En Canadá por ejemplo, el gobierno federal no permite la venta ni el uso de pesticidas que contengan la 2,3,7,8-DDTC como contaminante de los productos desde 1990.(21)

Dibenzo Dioxinas Policloradas (DDPC's) : Las dioxinas no son producidas ni usadas comercialmente en los Estados Unidos si no que se trata de un contaminante formado en la producción de 2,4,5-Triclorofenol y de herbicidas clorados como el silvex. También se forma durante la combustión de una variedad de compuestos clorados. La dioxina 2,3,7,8 es expulsada al medio ambiente en las emisiones derivadas de procesos de incineración de basura municipal y otros desechos químicos así como en las emisiones de los automóviles que trabajan con gasolina con plomo. También se encuentra esta dioxina en el humo de la madera quemada en la presencia del cloro, en fuego accidental donde transformadores que contienen BPC's están involucrados. Las DDTC han contaminado el medio ambiente como una impureza de varios pesticidas (como 2,4,5-T y sus derivados, los cuáles se producen de 2,4,5, Triclorofenol.

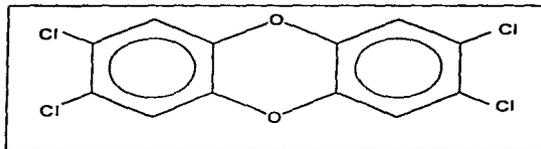


Fig. No.4.7 : 2,3,7,8-Dibenzodioxina tetraclorada. Llamada comúnmente "dioxina".(20)

Las dioxinas son unos de los compuestos aromáticos tricíclicos mas tóxicos de su clase estructural. Debido a su baja solubilidad en agua la mayor parte de 2,3,7,8-DDTC que se encuentra en el agua se espera que esté asociada con sedimentos o material suspendido. Los sedimentos acuáticos pueden ser un importante (y final) pozo ambiental para todas las emisiones globales de dioxinas. Dos procesos que pueden remover las dioxinas del agua son la fotólisis y la volatilización.

La vida media de la fotólisis en la superficie del agua se a estimado desde 21 horas en el verano hasta 118 horas en el invierno, pero este

intervalo aumentará significativamente al aumentar la profundidad. Los sedimentos del fondo pueden no ser susceptibles a la fotodegradación.

La vida media de volatilización de una columna de agua de una laguna se ha estimado en 46 días, pero cuando los efectos de la adsorción del sedimento son considerados el modelo de volatilización predice una vida media de remoción total de más de 50 años.

Numerosos estudios de monitoreo biológico han demostrado que la dioxinas son resistentes a la biodegradación. La vida media de persistencia de dioxinas en lago ha sido estimada en 1.5 años . Al esparcir dioxinas sobre la tierra, estas generalmente no lixivian. Como una regla la cantidad de dioxina detectada a más de 8 cm. de profundidad es de aproximadamente una décima parte o menos que aquella detectada hasta los 8 cm. de profundidad. Siendo ligeramente soluble en agua, su migración en la tierra puede haber ocurrido al estar ligada la dioxina con coloides y otras partículas en la tierra. Muestras de suelo provenientes de Montana, Estados Unidos recolectadas en 1985 indicaron que la mayor parte de las dioxinas se quedaban en los primeros 15 cm. de profundidad. La fotodegradación de la superficie de la tierra puede ser un proceso importante de transformación , pero

la volatilización de la superficie del suelo durante condiciones cálidas puede ser un mejor mecanismo de remoción. La vida media de la dioxinas en la superficie de la tierra varía desde menos de un año hasta tres años, pero la vida media en el interior de la tierra puede ser hasta doce años.

Las dioxinas en fase vapor es la forma en que este contaminante es emitido a la atmósfera y en ese estado puede ser degradado mediante una reacción con radicales é hidroxilos o mediante fotólisis directa. La dioxinas en fase particular pueden ser físicamente removidas del aire mediante depósito húmedo o seco (lluvia o aire).

Se a demostrado la bioconcentración en organismos acuáticos. La vida media de eliminación es de 14.5 días después de la exposición para este contaminante.

Factores de bioconcentración (FBC) de 29,200 (peso seco) y 5,840 (peso húmedo) han sido registrados para especies acuáticas después de una exposición de 20 días. Valores de Log FBC de aproximadamente de 3.2 a 3.9 se determinaron para la trucha arcoiris en estudios de laboratorio después de 4 a 5 exposiciones. Los siguientes valores de FBC han sido reportados para

una variedad de organismos acuáticos : caracoles, pescado, (Gambusia), daphnia : 4.3. a 4.4. alga y pez gato de 3.6 a 3.95.

Notas adicionales :

Existen cerca de 210 compuestos de dioxinas y furanos. 17 de estos compuestos son los que contribuyen mayormente a la toxicidad de una mezcla aunque los demás compuestos son tóxicos pero en menor grado. La forma mas tóxica es la 2,3,7,8 DDTC. Debido a esto es mas significativo encontrar la toxicidad de un efluente que la concentración de dioxinas y furanos. Los BPC's son la fuente mas significativa de los furanos.

Aunque la dioxinas y los furanos pueden ser excretados, es un proceso relativamente lento en humanos con una vida media de varios años. (22).

Una sola dosis de seis millonésimas de un gramo de la toxina o furano mas tóxico (2,3,7,8 DDTC) es letal para una rata.

En la mayoría de los estudios realizados a seres humanos expuestos a las dioxinas y a los furanos no se encontró una alta incidencia de

cáncer, pero numerosos estudios realizados por investigadores suizos demuestran que efectivamente aumenta la incidencia de un tipo de cáncer entre gente que trabajaba con herbicidas contaminados con pequeñas cantidades de dioxinas. La EPA considera a las dioxinas y furanos como probables carcinógenos debido a que causan cáncer en animales de laboratorio.

Numerosos estudios han reportado un alto índice de defectos de nacimiento en bebés de mujeres expuestas a la 2,3,7,8-DDTC, mientras que otros estudios no han encontrado evidencia de esto.

Defectos de nacimiento y otros efectos reproductivos en animales han sido observados solo cuando la madre o el embrión ha sido expuesto. No se han observado cuando solamente el padre ha sido expuesto. Esto es consistente con la evidencia existente de que las dioxinas y los furanos no causan cambios en el DNA si no que los efectos de nacimiento son el resultado de la exposición directa del feto a la toxina.

Niveles traza de dioxinas y furanos han sido encontrados en la sangre, leche materna y tejidos grasos de humanos en muchos países incluyendo Estados Unidos y Canadá. Esto indica que la población en muchas partes del mundo ha sido expuesta a bajos niveles de concentración de estos compuestos.

No se sabe si estos bajos niveles de dioxinas y furanos pueden afectar nuestra salud. En base a lo que sabemos son mas tóxicos para muchos animales que para los humanos. (23)

5. Destrucción de los BPC's

Métodos Biológicos.

Aunque no existe gran variedad de sistemas de tratamiento biológico para la degradación de BPC's, existen actualmente dos métodos usados como tratamiento de agua de desecho que pueden ser usados con algunas modificaciones para biodegradar niveles bajos de BPC's en agua. Estos métodos incluyen la activación de lodos y métodos de filtración por goteo. En ambos casos los BPC's no se disuelven en el agua, sino que son absorbidos en las superficies donde las bacterias se encuentran.

El método de activación de lodos requiere de cierto nivel de oxígeno disuelto en presencia de los BPC's para que la degradación ocurra (24). *Alkaligenes odorans* y *Alkaligenes denitrificans* parecen ser los organismos responsables de la biodegradación. Las bacterias se encuentran en tanques de reacción; después de degradar el desecho las bacterias se asientan en el fondo, el agua resultante de esa reacción es pura, sin embargo el lodo resultante deberá incinerarse para asegurar la completa destrucción de BPC's. Se debe

incinerar debido a estudios que han demostrado que ciertos isómeros de BPC's no son degradados por estas bacterias. Existen dos posibles razones por las cuales éstos isómeros no sean degradados :

1.- Los BPC's se adhieren fuertemente a las partículas de la superficie en donde la bacteria no las pueden alcanzar.

2.- Mientras mayor sea la cantidad de átomos clorados en la molécula de BPC's menor es su biodegradabilidad.

El método de filtración por goteo trabaja ofreciendo un área superficial compuesta por rocas en las cuáles la bacteria se reproduce y adhiere formando una capa de fango. El desecho se dispersa sobre las rocas y la degradación aeróbica ocurre, de nuevo el problema es que algunos isómeros de BPC's no se degradan y el lodo resultante del proceso deberá procesarse mediante incineración para su total destrucción.

Métodos Químicos.

Los métodos químicos se utilizan con efectividad para bajas concentraciones de BPC's en aceite mineral, 5000 ppm y menores. Consisten en tratar los aceites contaminados con sodio metálico para la extracción del ion cloruro. Día con día se están investigando más procesos de destrucción química de BPC's, a continuación se listan algunos :

a) El Proceso de sodio-naftaleno de Goodyear. Emplea el sodio y el naftaleno para eliminar el cloro de la molécula de BPC's. La reacción se lleva a cabo a temperatura ambiente y la relación sodio-naftaleno puede ser de 6 :1 a 100 :1 dependiendo de la concentración de cloro. Reduce a menos de 2ppm cuando la concentración de BPC's es de 10%.

b) PCBX Sunohio. Se trata de un proceso continuo en el cual se sustituye el cloro por hidrógeno produciendo una sal y los polifenilos se recuperan comercialmente. Este proceso también reduce a menos de 2ppm la concentración de BPC's.

c) Proceso Acurex. También utiliza el sodio y reduce a menos de 2 ppm la concentración de BPC's.

d) Proceso PPM. Se trata de un sistema móvil que utiliza sodio metálico. En pruebas llevadas a cabo por la USEPA no se reportó presencia de BPC's en los análisis efectuados al final del tratamiento.

e) Proceso NaPEG. Utiliza como reactivo un complejo de sodio y polietilenglicol.

5.1. Destrucción de BPC's mediante Incineración.

El método más efectivo de destrucción de los Bifenilos Policlorados es vía incineración a altas temperaturas : 99.9999% del contaminante es destruido, dejando detrás ceniza inorgánica. Ciertamente se forman productos inofensivos derivados de la combustión, principalmente CO_2 , H_2O y HCl , y aunque existe la posibilidad de que cloro libre, dioxinas cloradas altamente tóxicas y furanos puedan formarse como bien, los sistemas de disminución de la temperatura por contracorriente de agua son altamente efectivos logrando una rápida disminución de la temperatura : de unos 1140°C . a 90°C . aproximadamente, en menos de 1 segundo, impidiendo la formación de éstas sustancias.

La destrucción mediante oxidación térmica (incineración) de los BPC's tiene varias facetas : la primera es la destrucción de fluido y sólidos pequeños (balastros, capacitores, tierra, etc) utilizando un incinerador rotatorio, a través del cual el fluido contaminante se dosifica al interior del horno para mantener una combustión constante. La segunda es la destrucción de sólidos de mayor tamaño (transformadores enteros) utilizando un incinerador estático donde entra el equipo entero y es sometido a altas temperaturas para lograr la disociación

de la molécula de BPC's. Una tercera es el arrastre por disolvente de los BPC's que se encuentran en la superficie de los metales del núcleo de los transformadores utilizando percloroetileno. Se colocan los núcleos (espiras de alambre de cobre y carcargas) dentro de autoclaves donde se produce vacío. El percloroetileno que se encuentra en el fondo se evapora, condensándose en el techo del autoclave y cayendo como gotas sobre los núcleos y carcargas de transformador limpiando poco a poco el BPC. Posteriormente se incinera el fluido y los metales se reciclan.

A continuación se describe cada una de las plantas y se presenta un diagrama del incinerador.

**ESTA TESIS NO DEBE
CALIR DE LA BIBLIOTECA**

Laidlaw Environmental Services (Tx.) Inc. Deer Park, Tx.

En operación desde 1971 Laidlaw Environmental Services (TX) INC. Deer Park Texas (parte del área metropolitana del gran Houston Texas) opera en la planta comercial mas grande de incineración de desechos en los Estados Unidos de Norteamérica.

LES (TX) utiliza el tratamiento térmico (Incineración) tecnológico junto con la tecnología de control de contaminación de aire para el tratamiento de miles de toneladas de liquido, sólido y gases tóxicos residuales incluyendo BPC's anualmente. Los desechos son incinerados en una atmósfera oxidante a altas temperaturas bastante para lograr la destrucción requerida.

El sistema de incineración requerido consiste en dos unidades de incineración de tren. El tren 1 tiene una capacidad térmica de 180 MMBTU/ hr e incluye 3.6 mt. de diámetro, Horno rotatorio, Quemador de liquidos Loddby y Quemador secundario horizontal ambos están permitidos para los BPC's y otros desechos peligrosos.

En concordancia con el reglamento de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. La destrucción eficaz de estos desechos excede el 99.9999% para los BPC's.

El horno rotatorio del 2 tiene 4.4 mt. d diámetro , un quemador secundario vertical y cuatro quemadores de líquidos Mc Gill. El equipo utilizado para el control de la emisión por tren incorpora al saturador, dos condensadores paralelos, un separador por colisión Calvert y un eliminador de rocío Chevron .

La planta esta apoyada por un equipo completo de laboratorio de análisis, asuntos ambientales y profesionales de salud y seguridad.

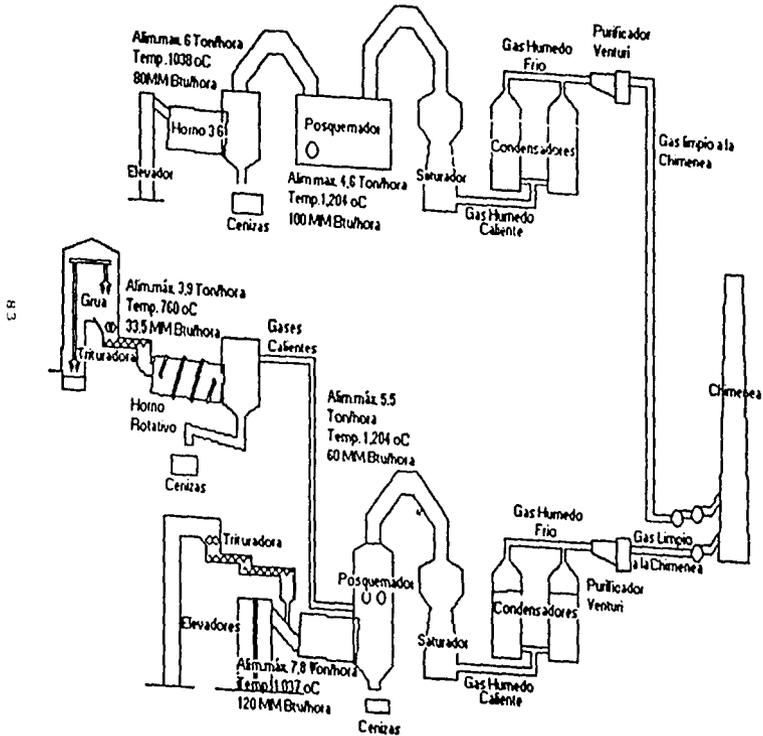
El incinerador rotatorio se compone de un armazón cilíndrico que es resistente al daño de las altas temperaturas al estar forrado con material refractario y ligeramente inclinado, así el desecho se dosifica en la parte superior del cilindro y por gravedad se mueve a lo largo de él..

La temperatura normal de operación del incinerador rotatorio varia de los 800°C a 1300°C dependiendo del desecho a incinerar. La mezcla del desecho líquido con combustible y aire aunado al movimiento rotatorio del armazón cilíndrico permite la completa degradación del desecho.

Debido a las altas temperaturas, algunos residuos de BPC's pueden entrar en una fase de vapor y su destrucción ocurre en una cámara de incineración secundaria a altas temperaturas.

Después de la degradación, los gases ácidos formados se neutralizan con solución acuosa de sosa y luego pasan a través de charolas de absorción y después de ser monitoreados continuamente se acumulan para ser eliminados a la atmósfera (12).

LIDLAW ENVIRONMENTAL SERVICES (TX) INC.



Rechem Environmental Services, Pontypool, Gwent, (U.K.)

Rechem International Limited es parte del grupo Shanks & McEwan Group, tienen más de 25 años de experiencia en el tratamiento y disposición de desechos tóxicos. Rechem es una de las compañías líderes a nivel mundial en éste ámbito.

Rechem ofrece en Servicio Total de Identificación, Transportación, y Destrucción de desechos a través del método de oxidación térmica.

A la llegada del desecho a las plantas se realiza una inspección del mismo para verificar que corresponda a los análisis originales.

Los desechos se introducen al incinerador a través de quemadores localizados en la parte frontal del incinerador si se encuentran en estado líquido, transformadores enteros ó paquetes a través de una compuerta de un incinerador estático ó tambores enteros y sólidos pequeños a través de un triturador especial.

El corazón de la planta es el incinerador rotatorio con una longitud de 12 por 4.5 metros con un peso total de más de 500 toneladas y rota lentamente para asegurar la completa combustión de los desechos.

Se cuenta también con cámaras de incineración secundaria adaptados con atomizadores de combustible limpio para asegurar que se logre una destrucción eficiente. El sistema cuenta con separadores electrostáticos de partículas, altamente eficientes.

Las plantas están controladas por medio de un sistema experto de cómputo con respaldo secundario en caso de falla. La clave de un proceso exitoso es la calidad en el monitoreo de cada una de las partes integrales del proceso (temperatura, presión y escape de gases, exceso de oxígeno, etc.)

La temperatura normal de operación del incinerador rotatorio varía de los 800°C a 1300°C dependiendo del desecho a incinerar. La mezcla del desecho líquido con combustible y aire aunado al movimiento rotatorio del armazón cilíndrico permite la completa degradación del desecho.

Debido a las altas temperaturas, algunos residuos de BPC's pueden entrar en una fase de vapor y su destrucción ocurre en una cámara de incineración secundaria a altas temperaturas.

Después de la degradación, los gases ácidos formados se neutralizan con soluciones básicas ó lodos especiales para neutralizar y luego pasan a través de charolas de absorción y después de ser monitorcados continuamente se acumulan para ser eliminados a la atmósfera (24).

Tredi Saint-Vulbas, Francia

La planta de Tredi localizada en Saint-Vulbas se construyó en 1976 y forma parte del Grupo Tredi desde 1981. La planta se especializó primero en la destrucción por medio de incineración de desecho organoclorado, incluyendo BPC's, los cuales se producían en la región de Grenoble. Posteriormente se dedicó a la incineración de otros compuestos organo-halogenados.

El campo de acción de la planta de Tredi en Saint-Vulbas cubre dos grandes campos :

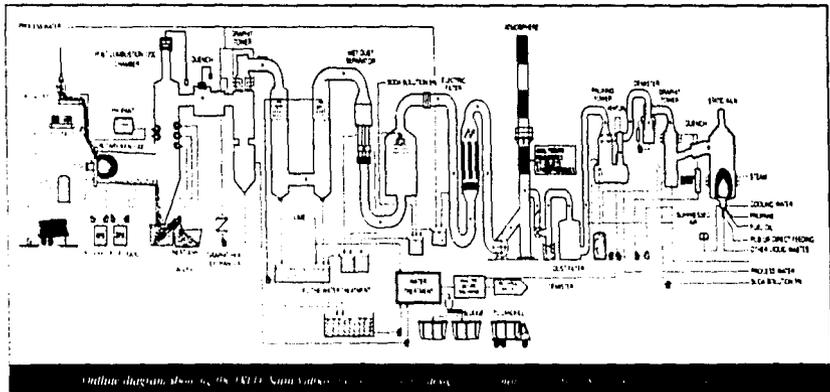
- a) La incineración de compuestos organohalogenados mediante el uso de dos hornos con capacidad de 30,000 toneladas anuales.

- b) El tratamiento de BPC's. Descontaminando metales que posteriormente se reciclan é incinerando los BPC's.

La planta de Saint-Vulbas está equipada con dos líneas de incineradores : uno rotatorio con capacidad anual de 24,000 toneladas, el cual procesa desecho organohalogenado sin importar su contenido de flúor, cloro, bromo ó iodo. Y

otro estático con una capacidad anual de 6,000 toneladas en el cual se procesan fluidos donde la concentración de cloro es mayor a 50%.

Desde 1984 más de 50,000 transformadores han sido destruidos, el BPC incinerado al igual que los componentes de celulosa (madera, papel y cartón). El 95% de los materiales que forman parte del núcleo y tanque del transformador son reciclados, así como el 60% del ácido clorhídrico que se produce en el proceso de la combustión, el cual es posteriormente utilizado en la industria. Igualmente ésta planta está reciclando parte de la energía que se produce de la incineración de los desechos.(25)



6 Reglamentación Ambiental sobre los BPC's

6.1 Reglamentación Ambiental vigente en México

6.2 Reglamentación Ambiental Internacional vigente

Básicamente el Convenio de Basilea es el organismo internacional encargado de la regulación del movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. En 1984 el Consejo de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, entidad intergubernamental que agrupa a 27 países industrializados, incluyendo a México) adoptó la Decisión-Recomendación C(83)180(Final)(Febrero 1 de 1984) en la cual se comenzó a manejar el concepto de Consentimiento Previo (PIC), que eventualmente se incorporó al Convenio de Basilea. Durante 1986, el Consejo de la OCDE adoptó su Decisión-Recomendación C(86)64(Final) relativa a la exportación de residuos peligrosos desde el área de sus países no-miembros(26). Actualmente sólo pueden existir movimientos transfronterizos de residuos peligrosos entre países miembros de la Convención de Basilea excepto en el caso en que alguno de los países haya prohibido su importación, tal es el caso de Estados Unidos, que desde el 20 de Julio de 1997 prohibió la importación de BPC's.

Requerimientos para almacenamiento de los BPC's.

Categoría	México	Canadá	Estados Unidos
Normas	Si, de acuerdo con las normas oficiales (LGEEPA)	Desde 1992 (Orden Provisional 1988) para todos los sitios (gobierno y privado).	Desde 1978 (revisando en 1989) para los almacenadores comerciales) para todos los sitios.
Acceso al sitio	Controlado	Controlado	Controlado
Requerimientos de almacenamiento	Si, de acuerdo con las normas oficiales (LGEEPA).	Criterio de sitios, requerimientos para el tipo de contenedores.	Criterios para el sitio y construcción, requerimientos para el tipo de contenedores.
Etiquetado	No.	Si.	Si.
Mantenimiento de registros	Si, de acuerdo con las normas oficiales (LGEEPA).	Si.	Si.

Categoría	México	Canadá	Estados Unidos
Reporte	Si, de acuerdo con las normas oficiales (LGEEPA).	Si.	Si, para almacenadores y establecimientos de disposición No para generadores
Otro	No.	Protección de incendios y procedimiento de emergencia	

Requerimientos para el tratamiento o disposición de los BPC's.

Categoría	México	Canadá	Estados Unidos
Manejo Fijo	Requerimientos específicos desarrollados para la incineración. Otros en desarrollo durante 1996.	Lineamientos Federales y Provinciales para el Manejo de los Residuos que contienen BPC's (Sep. 1989) establecen los requerimientos para el desensamblado y descontaminación, almacenamiento, etiquetado y mantenimiento de registros, transporte, disposición y preparación y respuesta ante emergencias.	La TSCA establece los requerimientos federales. Los estados pueden hacer que los requerimientos para la disposición sean más restrictivos; sin embargo, la TSCA da prioridad a los estados en todas las áreas.
Manejo Móvil	Normas para el tratamiento móvil y requerimiento para pruebas de quemado.	Normas Federales para el Tratamiento y Destrucción Móvil de BPC's: estándares, diseño y desempeño, métodos de prueba, evaluación. También los Lineamientos CCME para los Sistemas de Tratamiento Móvil de BPC's (marzo, 1990) y los Lineamientos CCME para los Sistemas de Destrucción Móvil.	La TSCA establece los requerimientos federales; se debe cubrir el estándar de incineración.
Descontaminación	Estándares y Protocolos	Estándares y Protocolos CCME para la Descontaminación de Transformadores BPC's (CCME 1995): criterios de descontaminación, estándares y protocolos recomendados, tecnologías de descontaminación.	La TSCA establece los requerimientos federales.

Categoría	México	Canadá	Estados Unidos
Emisiones	Estándares específicos para emisiones al aire.	Estándares específicos para el tratamiento químico y destrucción térmica según los lineamientos CCME. Las normas provinciales también contienen estándares de emisiones.	Estándares específicos para el tratamiento químico y destrucción térmica.
Ubicación	Normas Oficiales	Criterios establecidos y aprobados por la autoridad provincial.	La TSCA establece los requerimientos federales.
Monitoreo /Reporte	Normas Oficiales.	Normas y licencias provinciales para el monitoreo, inspección y reporte.	La TSCA establece los requerimientos federales.
Aprobaciones para Tecnologías/ Establecimientos.	El INE no aprueba tecnologías, sólo establecimientos, de acuerdo con las normas oficiales.	Las provincias aprueban las tecnologías y establecimientos para el tratamiento y destrucción de los residuos almacenados en ellas. El gobierno federal autoriza la destrucción de residuos BPC's en suelos federales o bajo contratos federales.	La aprobación es hecha por las oficinas regionales de la EPA, excepto para nuevas tecnologías y tratamientos móviles que son aprobados en las Oficinas Generales de la EPA.

7 EL Tratado de Libre Comercio (TLC) y los BPC's

7.1 Plan Regional de Acción (PRA) BPC's

“VISION, PROPOSITO Y METAS

Canadá, México y Estados Unidos reconocen la necesidad de cooperar dentro de un amplio espectro de cuestiones relacionadas con el manejo ambiental para proteger la salud humana y el ambiente en la región. Un área de cooperación es el manejo adecuado de sustancias químicas determinadas. Para ese fin, el Subgrupo Especial de Trabajo BPC ha desarrollado el organizar é instrumentar acciones individuales y conjuntas entre los tres países para promover el manejo racional de los BPC's durante su ciclo de vida en América del Norte.

A través de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), constituida conforme a lo establecido por el Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), que se relaciona con el TLC en cuanto a políticas y metas comerciales, los tres países establecieron el Subgrupo Especial de Trabajo BPC para desarrollar el PRA é instrumentarlo. Una vez

concluido el PRA, las actividades de instrumentación y el monitoreo respectivo por los tres países serán coordinadas por la CCA.”

Metas del PRA-BPC

“1.-Eliminación virtual de los BPC’s en el ambiente. A través de la instrumentación del PRA, los países deben buscar alcanzar emisiones no detectables de estas sustancias al medio, así como la discontinuación de los usos de BPC que no puedan refrenar la emisión. Las estrategias adoptadas para la virtual eliminación de los BPC’s deben considerar los riesgos para la salud humana y el ambiente, así como los factores sociales, económicos y técnicos.

2.-El manejo ambientalmente racional de los BPC existentes a lo largo de su ciclo de vida. Esto debe abarcar el uso, almacenamiento, transporte interno y transfronterizo, así como su tratamiento y disposición.

3.-Manejar los BPC como un elemento de los programas de manejo ambiental más amplios. A través de la instrumentación del PRA, los países considerarán las decisiones adecuadas para el manejo de BPC como elemento integral,

dentro del contexto de los objetivos del manejo ambiental regional más extensos.

Los siete principios siguientes guiarán la instrumentación del PRA. Al adoptar estos principios, enlistados sin un orden particular, deben tenerse en cuenta los derechos y responsabilidades de los tres países. Los principios serán aplicados de una manera amplia e integrada, y reflejarán al alcance de los valores y objetivos representados.

Principio # 1 : Manejo ambiental regional racional

Las Partes que comparten la responsabilidad de proteger y mejorar los ecosistemas de la región (América del Norte), así como reducir los riesgos de daño para la salud humana y el medio ambiente ocasionados por la exposición a sustancias químicas. Esta responsabilidad es aplicable al manejo racional de BPC's y al movimiento transfronterizo de estos compuestos ; se aplica también a todas las sustancias de interés, no solo a los BPC's. Las estrategias de manejo para los BPC's deben ser consistentes con la meta general de manejo ambiental adecuado para todas las sustancias químicas de interés en América del Norte, y estar diseñadas para avanzar hacia esta meta.

Principio # 2 : Manejo del ciclo de vida de los BPC's

El manejo adecuado de las sustancias de interés no puede depender solamente de asegurar el manejo ambientalmente racional del tratamiento y la disposición de residuos. EL PRA-BPC's abarcará el manejo de estos compuestos "desde la cuna hasta la tumba"; por lo tanto, debe incluir la administración del uso, la adecuada discontinuación de los usos, el transporte y almacenamiento, así como el tratamiento y disposición.

Principio # 3 : Prevención de la contaminación :

Un elemento esencial del manejo racional de los BPC's es la prevención de la contaminación que puede ser ocasionada por la emisión de estas sustancias al ambiente. La prevención de la contaminación involucra el uso de procesos, prácticas, materiales o productos que eviten o minimicen la generación de contaminantes y residuos, y que puedan reducir el riesgo general para la salud humana y el ambiente. El universo de los BPC's es finito, toda vez que su manufactura fue ya prohibida ; y para asegurar que este universo sea cada vez

mas pequeño y proteger la salud humana y el ambiente, aquellos BPC's que todavía existen deben ser manejados apropiadamente para evitar emisiones inadvertidas. Los países, a través de la instrumentación del PRA, promoverán la prevención de la contaminación como una estrategia efectiva para el manejo de los BPC's y para la protección de la salud humana.

Principio # 4 : Manejo regional compartido de los residuos BPC's

Para asegurar el manejo regional racional de los BPC's, los países reconocen y buscan, a través del Documento del Marco de Trabajo para la Preparación de los Lineamientos Técnicos para el Manejo Ambientalmente Racional de Residuos, la manera de integrar tres principios complementarios que cimientan la Convención de Basilea. Los tres principios son el "principio de proximidad", el "principio de autosuficiencia" y el "principio del movimiento transfronterizo mínimo". El documento del Marco de Trabajo destaca que, por sus interrelaciones inherentes, los tres principios deben ser considerados en conjunto y equilibrio. En esencia, el principio de proximidad fomenta el manejo de los residuos peligrosos lo mas cerca posible de su punto de generación, reconociendo que el manejo ambiental y económicamente racional de algunos será realizado en instalaciones especializadas ubicadas a

largas distancias del punto de generación. El principio de autosuficiencia convoca a los países a asegurar que la disposición de los residuos generados en su territorio sea efectuada de una manera ambientalmente racional, reconociendo que el manejo de algunos residuos fuera de los territorios nacionales también puede ser ambientalmente racional. El principio de los movimientos transfronterizos mínimos convoca a los países a reducir los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos a un mínimo consistente con el manejo eficiente y ambientalmente racional.

Al aplicar estos principios al manejo de los BPC's en América del Norte, los países reconocen que la infraestructura existente en la región influye en la administración de las decisiones. Los países reconocen que en la región existe actualmente una disparidad en la distribución de la capacidad para el tratamiento y disposición de estos compuestos ; por lo tanto, buscan aplicar los principios anteriores de una manera equilibrada, para asegurar el manejo ambientalmente racional de estas sustancias y optimizar el manejo general de luz de los factores que actualmente reducen las opciones en los países como entidades separadas. De manera permanente, los países acuerdan satisfacer las necesidades de manejo de los BPC's sobre la base de estos principios, de manera proactiva y en el largo plazo.

Al considerar específicamente la capacidad regional actual, los países reconocen que el universo de residuos BPC's en finito y esta es disminución (estos compuestos ya no se manufacturan y la mayoría de los usos serán discontinuados en un momento determinado). Por lo tanto, los países consideran que las necesidades de infraestructura para el manejo deben ser ubicadas dentro del contexto del manejo general de residuos peligrosos y también están conscientes de que retrasar el manejo de los residuos BPC's existente, hasta que se desarrolle una nueva capacidad en áreas que no cuentan con ella, podría prolongar el riesgo que estos residuos almacenados representan para la salud humana y ambiente.

Al considerar el principio de proximidad y el de movimiento transfronterizo mínimo a la luz de la actual distribución de la capacidad para el manejo de BPC's, los países acuerdan que el uso compartido de la capacidad de tratamiento y disposición BPC's y de usos múltiples (esto es, tanto para BPC's como para residuos peligrosos en general) asegurará un manejo ambiental racional. El principio de proximidad, en particular, adquiere dimensiones especiales cuando es aplicado en América del Norte: las instalaciones de tratamiento o disposición de Estados Unidos o Canadá están

evidentemente mas cercanas a México que las instalaciones europeas de las cuales este país depende de la actualidad. De manera similar, alguna capacidad estadounidense puede estar mas próxima a determinados residuos canadienses en la propia capacidad canadiense y viceversa. Los países apoyarán el objetivo de manejo ambiental racional de los BPC's al instrumentar en enfoque controlado que asegure el movimiento ambiental racional, dentro de América del Norte, de los residuos que deben cruzar la frontera en busca de la capacidad de manejo de BPC's mas próxima. Asimismo, los países reconocen que los sistemas de destrucción móviles, actualmente en diversas etapas de desarrollo y comercialización en los tres países, también pueden ayudar a abordar el principio de proximidad y el de movimiento transfronterizo mínimo.

La instrumentación del PRA, como se detalla en los rubros de acción descritos en la Sección III, Estrategias para el Manejo Regional de los BPC's, asegurará por lo tanto que los tres principios sean aplicados en armonía para garantizar el manejo ambiental racional de los residuos BPC's razonablemente cerca de su ubicación actual.

Principio # 5: Consistencia con las obligaciones internacionales y nacionales

El PRA toma en cuenta la consistencia con las obligaciones internacionales, así como con los requerimientos internos específicos en cada uno de los tres países. Las obligaciones internacionales existentes (incluidos los acuerdos bilaterales Estados Unidos - Canadá y Estados Unidos-México sobre el movimiento transfronterizos de residuos peligrosos ; la Convención de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su disposición que regula las obligaciones entre Canadá y México ; y las Decisiones del Consejo de la OCDE aceptadas por los tres países) tratan ya algunos aspectos del manejo de residuos peligrosos y BPC's, los embarques transfronterizos inclusive. Estas obligaciones y acuerdos internacionales conducirán el desarrollo e instrumentación del PRA.

Las normas nacionales también deben ser cumplidas en cada país y consideradas para la instrumentación del PRA-BPC's. Este establece los lineamientos para el intercambio de información y transferencia de tecnología

entre los países, buscando facilitar al entendimiento de los requerimientos internos y promover la consistencia internacional donde sea adecuado.

Principio # 6 : Transferencia de Tecnología

Un componente importante del PRA es el intercambio regular de información sobre el manejo de BPC's entre los países. Al facilitar el entendimiento común de los impactos ambientales de los BPC's y las técnicas ambientalmente racionales para su manejo, los países promoverán la coherencia en el manejo de estas sustancias y contribuirán a la creación de "reglas del juego parejas" en América del Norte".

Principio # 7 : Revisión periódica y reevaluación

Para asegurar que la instrumentación del PRA alcance las metas establecidas, y que estas continúen siendo relevantes dentro de las necesidades del manejo ambiental de los tres países, tanto para el PRA como su avance serán revisados periódicamente. El mecanismo y la frecuencia de dicha revisión serán definidos por los tres países en coordinación con la CCA, a través de la instrumentación del PRA. Esta revisión establecerá los lineamientos para la participación y comentarios del público en los tres países."(27)

7.2. ISO 14000

La International Standards Organization (ISO), con sede en Ginebra, Suiza es una organización internacional especializada en el desarrollo de estándares técnicos. Fue fundada en 1946 con el fin de desarrollar estándares de fabricación, comercio y comunicación. En la actualidad sus miembros son los organismos responsables del desarrollo y aplicación de estándares de cerca de 111 países. La ISO está estructurada en aproximadamente 220 comités técnicos, elaborando cada uno de estos, estándares técnicos para un área específica. La ISO elabora estándares para todo tipo de industrias con excepción de las áreas eléctrica y electrónica.

Muchas empresas han desarrollado Sistemas de Administración Ambiental, buscando mejorar su desempeño ambiental, cumplir mas eficientemente con sus obligaciones ambientales y obtener ventajas competitivas. En el año de 1993 se crea un comité dedicado a desarrollar estándares en el área de administración ambiental.

La serie ISO 14000 se ha desarrollado bajo el proceso normal para la elaboración de estándares, excepto por el factor tiempo, el cual en este caso se redujo a aproximadamente cuatro años. En la serie 14000 sólo existe un estándar de especificación que es el 14001, el cual es certificable. Los demás son de guía.

En México se han certificado algunas empresas con el estándar 14001. De la misma forma se trabaja en un programa piloto para mejorar la gestión y desempeño ambiental de empresas , según los estándares de ISO 14000 enfocado a un grupo de 11 empresas líderes y 22 pequeñas y medianas empresas proveedores de los primeros.

Descripción de las Normas Iso 14000

- ESTÁNDAR

TÍTULO/DESCRIPCIÓN

- 14001

Sistemas de Administración Ambiental. Especificaciones con guía para su uso.

- 14004

Guía a los sistemas de Administración Ambiental, principios y técnicas de soporte.

- 14010

Guía para Auditoría Ambiental. Principios generales de Auditoría Ambiental.

- 14011

**Lineamientos para Auditoría Ambiental. Procedimientos de Auditoría, parte I.
Auditoría de Sistemas de Administración Ambiental.**

- 14012

Lineamientos para Auditoría Ambiental. Criterios de calificación para auditores ambientales.

- 14013/15

Lineamientos para Auditoría Ambiental. Programas de Auditoría, revisiones y evaluación.

- 14020/23

Etiquetado Ambiental.

- 14024

Etiquetado Ambiental. Programas operativos. Guía de principios, prácticas y procedimientos de certificación para programas de criterios múltiples.

- 14031/3x

Lineamientos para evaluación de desempeño ambiental.

- 14040/43

Evaluación general de ciclo de vida. Principios y prácticas.

- 14050

Glosario

- 14060

Aspectos ambientales en estándares de productos.

Sólo las normas 14001 y 14004 han sido aprobadas.(28)

8.-Conclusiones

En los círculos de científicos é investigadores a nivel internacional los Bifenilos Policlorados son considerados como muy tóxicos, sin importar que en algunas investigaciones los resultados aparentes puedan sugerir lo contrario. Es importante no perder de vista aquellos intereses económicos que efectivamente tienen una influencia en los resultados de las investigaciones. Es relativamente fácil llevar a cabo una investigación tendenciosa a fin de beneficiar directa ó indirectamente a la institución ó persona que financia la investigación. No se puede mentir porque se arriesga la carrera del investigador y el prestigio de la institución donde labora, pero hacer un trabajo tendencioso no es tan mal visto.

En nuestro país ya se está comenzando a tener una preocupación real por el medio ambiente, aunque empresas con una profunda conciencia ambiental han estado incitando y colaborando con las autoridades ambientales desde hace más de diez años, el progreso ha sido desgastadoramente lento. En los próximos diez años veremos cambios rápidos, mucho más profundos y significativos a favor del cuidado del medio ambiente. No sólo debido a una

conciencia ambiental general, sino a acuerdos internacionales que nos obligan, y castigan desde un punto de vista económico de no cumplir, a cuidar el medio ambiente. Es sorprendente el ver como en ocasiones el fin económico justifica la destrucción del medio del que dependemos para subsistir, cuando el negocio del cuidado del medio ambiente es también enorme, pero claro esto es una consecuencia del desarrollo sin conciencia ambiental. Los tiempos cambian dando nuevas oportunidades de trabajo en pro de la salud ambiental y de nosotros mismos.

Este tipo de acuerdos internacionales a los que me refiero en el párrafo anterior están incluidos dentro del Tratado de Libre Comercio, en una sección que se llama Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) que ha formulado un plan para eliminar de la faz de la Tierra algunos contaminantes considerados por los científicos é investigadores que forman parte de la CCA como prioritarios por su toxicidad y presencia en el medio ambiente: mercurio, DDT y BPC's (capitulo anterior)

Los beneficios más importantes para México del Plan Regional de Acción BPC's pueden ser enmarcados en dos grupos :

- a) Económicos.**
- b) Ambiental.**

Dentro de los beneficios económicos que México obtendrá directamente de cumplir con los lineamientos del PRA-BPC tenemos los siguientes :

1.-Disminución de las barreras no arancelarias a los productos del campo mexicano.

Esto es un gran problema del campo ya que según la EPA, como se lista en los procedimientos de análisis y para fines prácticos, los BPC's se manejan también como pesticidas clorados.

Fungicidas, pesticidas, herbicidas, etc, no autorizados para su uso por la EPA son actualmente utilizados en nuestro país. La EPA prohíbe ó reglamenta el uso de algunos productos en base a investigaciones sobre los daños a la

salud (animal y humana) que a mediano y largo plazo ocasionan. En nuestro país no se cuenta con la infraestructura dentro de aquellas dependencias gubernamentales para llevar a cabo este tipo de investigaciones, ni existe una dependencia formal similar. Por lo que algunas reglamentaciones son adaptadas automáticamente, mientras que otras son investigadas por el sector privado y "adecuadas" a las necesidades de nuestro país. Como por ejemplo aquella norma oficial mexicana que dice que si un aceite mineral contiene más de 50 ppm de BPC's se considera como residuo peligroso (8), se trata de una copia fiel del límite marcado en Estados Unidos.

2.-Generación de empleos.

Teniendo en cuenta las cifras muy conservadoras sobre el inventario parcial que elaboró el I.N.E. en nuestro país (27), 7,980 toneladas métricas, sabiendo que se requieren un promedio de 4 personas para los trabajos de reenvasado y carga de los BPC's por cuadrilla, y teniendo en cuenta que en una jornada de trabajo promedio se pueden manejar entre 4 a 6 toneladas dependiendo del tipo de residuo conteniendo BPC y de las complicaciones inherentes del servicio de reenvasado "in situ", obtenemos la cantidad de 1995

jornadas de trabajo completas únicamente para llevar a cabo los trabajos “in situ”.

Desde luego esto es con las siguientes consideraciones :

a) Sin tomar en cuenta el tiempo que se lleva el traslado a las distintas plantas, fines de semana y días festivos, demoras en los transportes, demoras en los puertos de embarque y desembarque, permisos, Guías Ecológicas, tiempo que se tarda el incinerador en tratar efectivamente los residuos, etc, lo que representa aproximadamente $\frac{1}{4}$ del tiempo total de cada proyecto.

b) Una generación continua de trabajo, lo cual es realmente la situación ideal, más no real.

Si 1995 jornadas de trabajo representan aproximadamente $\frac{1}{6}$ el tiempo total necesario para llevar a cabo el servicio de destrucción en el extranjero de BPC's, 11,970 jornadas representan el 100% del tiempo aproximado total. Si cada año tiene 220 días laborables aproximadamente, el 100% equivale a 54.41 años. Y esto es sólo para una cuadrilla de cuatro personas, sin tomar en cuenta que se requieren ejecutivos para llevar a cabo la planeación , desarrollo y control del negocio, como también contadores, secretarias, vendedores, mensajeros, cobradores, etc

Desde luego que la cifra del inventario parcial sólo representa el fluido BPC, sin contar las toneladas de aceite contaminado con BPC's ni los equipos contaminados con BPC's tampoco.

3.- El aumento de las ventas de empresas mexicanas que ofrezcan productos utilizados en los trabajos de preparación de los BPC's para destrucción.

Si esas 7,980 toneladas métricas son askarel fluido, representan alrededor de 5.11 millones de litros de BPC. Que al envasar en tambores tipo 1A1 UN (Naciones Unidas), que son los que marca la reglamentación internacional para el manejo de éste compuesto tóxico, se utilizarían 25,577 tambores. Que a razón de casi USD 30 cada uno nos arroja un resultado de USD 767,250 sólo en tambores y únicamente teniendo en cuenta el askarel puro. Se sabe que la mayoría de los transformadores actuales trabajan con aceite mineral y que un alto porcentaje de éstos se encuentra contaminado, presumiblemente el 75%.

Al envasar las 7,980 toneladas métricas de fluido en tambores tipo A1A aumentamos aproximadamente 22.5 Kg. por cada 200 Lt. de fluido, ó sea 575.44 toneladas de tambores. Para ser un total de 8,555.44 toneladas, que al

ser transportadas utilizarían los servicios de 475 trailers aproximadamente. El precio de los viajes de los trailers por compañías especializadas para este tipo de servicio varían entre los USD 5000 a USD 7,500 por viaje (incluyendo el transporte marítimo si ese fuera el caso), lo que representa USD 3,562,500.

Esto sin tomar en cuenta la valiosa participación de empresas que ofrecen los servicios de grúas, montacargas, fletes, etc, sin los cuales no podría llevarse a cabo este servicio.

Y haciendo sólo mención a todos los servicios de apoyo que las actividades de esta empresa requieren para llevar a cabo sus actividades : equipos de computación, mobiliario , comunicación nacional é internacional, fija y celular, equipo de transporte, mantenimiento al equipo de transporte, papelería, etc, etc,

Y todo esto sin mencionar lo que la empresa incineradora cobra por el servicio de destrucción de BPC's, ya que éste dinero no se queda en el país.

4.-Aumento del turismo internacional.

Aunque nosotros no pensemos en la contaminación de nuestras playas, ríos, lagos, etc. cuando nos disponemos a planear unas vacaciones, existe un amplio sector del turismo internacional que sí toma en cuenta estas y otras razones y situaciones para escoger el lugar para vacacionar, y sobre todo si son gente educada en cuanto a los peligros que conlleva el consumir alimentos contaminados, ó bañarse en un río contaminado y posiblemente han sufrido catástrofes ecológicas recientes.

La gente de todas partes del mundo está muy sensibilizada hacia los accidentes ambientales ocurridos y seguramente no querrán vacacionar en un país donde se acaba de encontrar material radiactivo en un tiradero de basura municipal (Morelos, México, 1997), ó donde se encontraron altos niveles de Plutonio en los dientes de niños (Reuters News, Reino Unido, Julio de 1997) ó donde el consumo de mariscos bivalvos causó la muerte de X personas, etc.

Los tiempos están cambiando y la forma de tomar vacaciones también, ahora los turistas no sólo se dejan llevar por un tipo de cambio favorable ó por el paquete más barato, sino que se interesan un poco más en la situación ambiental del país para vacacionar.

Dentro de los beneficios en el sector ambiental que México obtendrá directamente de cumplir con los lineamientos del PRA-BPC tenemos los siguientes :

1.-Prevención de enfermedades, mejorando la calidad de vida de la población.

Es de conocimiento público que en zonas donde las descargas de aguas residuales interactúan con la población, ésta desarrolla enfermedades y daños a la salud que en numerosas ocasiones son irreparables, por ejemplo la acefalia, cuando nuevos seres humanos nacen sin cerebro (orillas del Río Bravo, Norte de México) debido, según se ha investigado, a una alta cantidad de mercurio y sus sales en el agua residual que se arroja al drenaje.

Los BPC's no han causado enfermedades tan alarmantes en nuestro país todavía, ó será que no han sido atribuidas a los BPC's por otros intereses ?, aún así y desde hace varios años los BPC's han tenido sus momentos célebres en las listas de tragedias internacionales, las cuales se comentan a lo largo del presente trabajo.

Los periódicos han estado informando durante años a la población en general, aunque no siempre correctamente, sobre los BPC's en nuestro país y sus peligros. Digo no siempre correctamente porque por ejemplo en un desplegado

en el periódico Excelsior del Miércoles 15 de Junio de 1983 menciona como supuestas características de los BPC's las siguientes :

- Indestructible.
- Radiactivo.
- Que se trata de un elemento.
- Que su destrucción es prácticamente imposible.

Pero también menciona características verdaderas como alta toxicidad, su existencia en alimentos, contaminación del agua y aire, agente cancerígeno, etc.(29)

Aunque varios años después (en 1988) se dio a conocer públicamente en el Periódico "La Jornada" que los BPC's no son inflamables ni radiactivos pero sí son tóxicos. Lo malo es que dice que son igual de tóxicos que el DDT (30) lo cual no es cierto. comparando las toxicidades reportadas del DDT con la de los BPC's, estos últimos son 11.6 veces más tóxicos.(comparación entre la LD_{50} del Aroclor 1260 contra la LD_{50} del DDT en ratas).

2.-Prevención de accidentes fatales.

Una de las situaciones delicadas de los BPC's es la formación de Dioxinas y Furanos al estar en presencia de oxígeno a 300 grados centígrados aproximadamente, situación que se da con facilidad al encontrarse un transformador (cuyo fluido se encuentra contaminado con más de 50 ppm de BPC's) en un incendio. Si éstos equipos ya no tienen BPC's el peligro de producción de dioxinas y furanos ya no existe y con ello se minimiza el riesgo de que colonias enteras sean intoxicadas con éstos vapores tóxicos.

Por ejemplo es de dominio público (publicado entre otras ocasiones el Lunes 16 de Mayo de 1994 en un periódico de reconocido prestigio en México) el hecho de que el metro de la ciudad de México, en cada una de sus estaciones, tiene transformadores (aunque no en todas las líneas) rellenos de BPC's y de verse éstos involucrados en un incendio la concentración de dioxinas y furanos en los túneles y zonas aledañas sería dañino para todo ser vivo, inclusive fatal para mamíferos (humanos incluidos).

En el corazón de la ciudad de México, en Agosto de 1988, en un incidente poco conocido aunque publicado en el periódico Ovociones, tres pisos de un edificio en la Colonia Juárez se incendiaron causando 50 intoxicados. Según testigos se oyó "una detonación en la planta baja (del edificio), misma que siguió a un cortocircuito en los cables principales que

surten la luz eléctrica el edificio.” También habían cien personas atrapadas en los pisos superiores del edificio. “...los cables de energía eléctrica en sus departamentos ubicados en el sexto piso se achicharraron y causaron el incendio...”

No se aclara la presencia de transformadores en el edificio, pero los BPC's también se utilizaron para embeber los aislamientos de cables eléctricos, así como en balastos de lámparas fluorescentes. (31)

Una política de apoyo e incentivos fiscales a empresas que destinan una parte de sus ingresos para llevar a cabo los servicios destinados a manejar racionalmente los desechos tóxicos y peligrosos es necesaria. En numerosas ocasiones los trabajos para el manejo racional de desechos tóxicos no se lleva a cabo por falta de capital, no por falta de conocimiento sobre el problema que los desechos tóxicos provocan.

El tema de los BPC's es sumamente amplio y diverso. La intención de ésta tesis es ofrecer una panorámica clara, actual y útil sobre los BPC's. Pero también sirve como conocimiento general para aquellos que debido a sus actividades laborales ó intereses profesionales se encuentran distanciados de éstos temas.

Es importante formar una conciencia colectiva sobre el tema de los BPC's ya que; aunque no pensemos en ello, nos perjudica. Cada vez que comemos estamos acumulando BPC's en nuestros organismos. Es muy poco lo que podemos hacer para evitarlo, sin embargo es mucho lo que día con día logramos al envasar, transportar é incinerar BPC's correctamente: evitar un aumento considerable de la concentración ya dispersa en el ambiente y poder finalmente vivir mejor.

9. Bibliografía:

1.-Monsanto, Askarel, Inspection and Maintenance Guide, 1970

2.-Título 21, Code of Federal Regulations, Section 109.30 ; Federal Register, Vol.44, No.127, Jun, June 29, 1979, pp.38330-38340

3.-Amend, L. & P. Lederman. " Critical evaluation of PCB remediation technologies".

O. Huitzinger, S. Safe, V. Zitko .The Chemistry of PBC's. CRC Press, Ohio, pp.7-22

4.-D'Itri, Frank M & Kamrin, Michael A PCB's : Human and environmental hazards. Butterworth publishers, Toronto, 1983, pp. 13, and 165.

5.-Kelly, J.J. ; Myers, S.D. ; Parrish, R.H. ; 50+ Years. A guide to Transformer Maintenance. Capitulo I, Publicado por el Instituto de Mantenimiento de Transformadores, Año : 1990

6.-Onishi, Harry A. ; Trench, W.Corey ; PCBs in Perspective ; Industrial Wastes ; September-October, 1981

7.-EPRI, PCB's Seminar Proceedings. 1986, 1988 y 1992.

8.-NOM-052-ECOL-1993. Diario Oficial de la Federación, Clasificación de Residuos por Fuente no Específica, Viernes 22 de Octubre de 1993.

9.-Polychlorinated Biphenyls : An Alert for Food and Feed Facilities. USEPA, USDA, USFDA, pp.1,4,14-15, 1979

10.-PCB's in the environment today, The current situation & research requirements; Proceedings of a seminar held at the Centre for Environmental Control & Waste Management, Imperial college of Science, Technology & Medicine, Publicaciones SCS, Londres, 1993, pp.23-29 y 54-80

11.-Ortiz Espinoza, Enrique Salvador ; Residuos de Policlorobifenilos en Alimentos. Un Nuevo Contaminante en México., IPN, México, D.F., 1976, pp.2,11-22

12.-Rollins, Facility Information, RES (TX) Inc., Deer Park, TX

13.-TREDI NEW ZEALAND LTD. a subsidiary of TREDI S.A. of Paris France (Part of Groupe EMC) <http://www.tredi.co.nz>

14.-USEPA, "Method 8080A : Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls by Gas Chromatography", Revision 1, CD ROM, Septiembre de 1994.

15.-EPA Fact Sheet, EPA Special Report On Endocrine Disruption. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC 20460, February, 1997, <http://www.epa.gov/ORD/webpubs/endocrinc/factsheet.pdf>.

16.-The Merck Index, 11th Edition, Publicado por Merck & Co., Rahway, N.J., U.S.A., 1989, pp.7541-7542.

17.-Fourth Annual Report on Carcinogens (NTP, National Toxicology Program, 85-002, 1985), p170

18.-"Guidance on remedial actions for superfund sites with PCB contamination". EPA/600/56-86/002, US Environmental Protection Agency. June 1987.

Federal Register. "Polychlorinated Biphenyls exclusions, exemptions and US proposed rule 52FR25849-50 Office of the federal register", Washington, D. C. , July 8 , 1987.

19.-Canadian Electricity Forum, Industry and PCB's, Practical Solutions to PCB problems, The Canadian electricity Forum Inc., 1987, pp23 -27

20.-L.G.Wade Jr., "Química Orgánica" 2da Edición, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, pp.607

21.-<http://hwcweb.hwc.ca/datapcb/communic/home/pubs/dioxine.html>

22.- <http://atenv.bcd.ns.doe.ca/soc/ch4-77.html>

23.- www.asnatsci.org/crd/ea/diox32.html

24.-Ackerman, D. G ; Scinto, L.L., Bakshi, P.S. Delumeya, R. G., Johnson, R.J., Richard, G., Takata, A.M. and Sworzyn, E.M. 1983, Destruction and disposal of PCB's by thermal and Non- Thermal methods. Noyes data corporation, New Jersey, pp.11,16-19,44,315-320,and 375-385.

25.-Tredi Saint-Vulbas Facility Information Brochure.

26.-Contexto y compromisos Internacionales, [http ://
www.ine.gob.mx/INE/documentos/programas/prog_rip/cap5.htm](http://www.ine.gob.mx/INE/documentos/programas/prog_rip/cap5.htm)

27.-Plan Regional de Acción BPC. Environment Canada (EC), Instituto Nacional de Ecología (INE, México) y Environmental Protection Agency (EPA, Estados Unidos), 1997, pp.1-5, 30.

28.-ISO 14000, [http ://www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

29.-Excelsior, México, D.F., "Peligrosa sustancia en Transformadores",
Miércoles 15 de Junio de 1983.

30.-La Jornada, México, D.F., "Es tóxico, pero no hay peligro. El Askarel no es inflamable ni radiactivo : autoridades sanitarias", 13 de Mayo de 1988.

31.-Ovaciones, México, D.F., "Fuego en Reforma. Cortocircuito, causa del siniestro en un edificio de 17 pisos : 50 intoxicados.", 18 de Agosto de 1986.

32.-Hoet, P, and R Lauwreys, 1993. Industrial chemical exposure 2 nd Edition. Ferris Publishing Inc. , London, pp.194-195.

33.-[http ://www.epa.gov/OGWDW/dwh/t-soc/dioxin.html](http://www.epa.gov/OGWDW/dwh/t-soc/dioxin.html)