

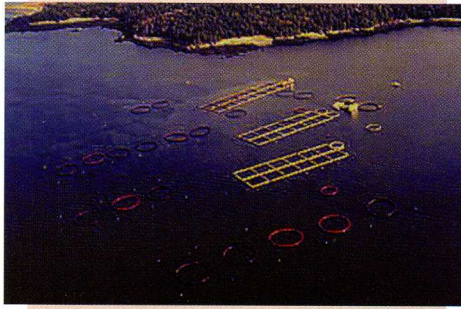
DIOXINAS Y PCBS: UN PROBLEMA MUNDIAL EN LA CONTAMINACIÓN DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

Dra. Betty San Martín Nuñez (M.V.; D.M.V.)

Introducción

Las dioxinas y PCBs (policlorobifenilos) son un grupo de compuestos orgánicos, tóxicos para la población humana y persistentes en el medio ambiente. Estos contaminantes son principalmente de origen antropogénico que se caracterizan por su extrema resistencia a la degradación química y biológica; se acumulan en la cadena alimentaria humana y animal. Son conocidos por su capacidad de biomagnificarse y bioconcentrarse en determinadas condiciones medioambientales, pudiendo alcanzar así concentraciones importantes desde el punto de vista toxicológico, lo que las hace una amenaza para las personas y el medio ambiente. Se ha estimado que el 90% de la exposición de las dioxinas es a través de la dieta. Por lo tanto es crítico el control de estos tóxicos en los alimentos.

Diferentes organizaciones internacionales se han pronunciado frente al problema de las dioxinas. En 1994, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América (E.U) analizó el riesgo de exposición, determinando que la principal vía de exposición para los seres humanos es la ingestión de productos contaminados, especialmente carnes y productos lácteos. Por otro lado, el 24 de Octubre del 2001 la Comisión de las Comunidades Europeas adoptó una Comunicación al consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social relativa a una estrategia comunitaria sobre las dioxinas y PCBs; esta estrategia establece las medidas actuales y futuras para reducir la emisión de estos contaminantes al medio ambiente.



Es importante destacar que las dioxinas y PCBs tienen propiedades fisicoquímicas y características de riesgo parecidas, pero sus fuentes de emisión son diferentes. Por tanto, un planteamiento efectivo para controlar y reducir las emisiones de ambas sustancias al medio ambiente, debe considerar las diferencias entre ellas. Por otro lado, hay que tener en cuenta que las dioxinas son más tóxicas que los PCBs, pero que las cantidades de PCBs emitidas al medio ambiente son varias veces superiores.

Características fisicoquímicas

El término “dioxinas” abarca un grupo de 75 policlorodibenzeno-p-dioxinas (PCDD) y 135 policlorodibenzofuranos (PCDF) congéneres, de los cuales 17 tienen riesgos toxicológicos. Los PCBs son un grupo de 209 congéneres diferentes de los cuales 12 presentan propiedades toxicológicas similares a las dioxinas, por lo que se los conoce generalmente con el nombre de “PCBs similares a las dioxinas”

Son muy tóxicos, activos fisiológicamente en dosis extremadamente pequeñas, son persistentes, es decir no se degradan fácilmente y pueden durar años en el medio ambiente; son

bioacumulables en los tejidos grasos de los organismos y se biomagnifican, esto significa que aumentan su concentración progresivamente a lo largo de las cadenas alimentarias. Por su persistencia pueden trasladarse a grandes distancias ya sea por las corrientes atmosféricas, marinas o de agua dulce y mediante la migración a larga distancia de los organismos que los han bioacumulado. Tal es el caso de ballenas y aves.

Fuentes de emisión de las dioxinas y PCBs

Las dioxinas son principalmente subproductos no intencionales que se originan de una serie de procesos químicos y de casi todos los procesos de combustión. Los suelos, aguas y sedimentos son depósitos importantes de dioxinas dada la presencia de estos contaminantes en el medio ambiente.

No se producen dioxinas con fines comerciales y tampoco tienen uso conocido. Son productos secundarios de procesos industriales pero también pueden resultar de procesos naturales tales como erupciones volcánicas e incendios forestales. Su origen se puede resumir en dos formas: 1.- *Como subproductos de procesos industriales* en los que interviene el cloro, ej. producción de plástico PVC, plaguicidas y disolventes organoclorados; 2.- *Durante procesos de combustión de compuestos organoclorados* ej., incineración de compuestos peligrosos o durante incendios accidentales de materiales o productos clorados. Es así, que la incineración de residuos peligrosos, domésticos, hospitalarios y el uso de estos como combustibles en hornos de cemento son las principales fuentes de dioxinas a la atmósfera. Por otra par-

te, la principal fuente de emisión de dioxinas en el agua, son las descargas de la industria papelera que utilizan gas para el blanqueamiento de la pulpa en la producción de papel, tomando en cuenta que las dioxinas se forman al reaccionar el cloro con la lignina de la madera.

Los PCBs y ésta es la principal diferencia con las dioxinas, son productos químicos producidos intencionalmente, que se fabricaron durante décadas antes de prohibirse su comercialización y utilización en 1985 debido a su toxicidad reproductiva y a sus efectos bioacumulativos. La mayor parte de estos productos, que son persistentes y bioacumulables en la grasa de la biota, se extienden actualmente por los suelos, los sedimentos y todo el entorno acuático (podría decirse que es una contaminación histórica). Se distinguen dos tipos de usos de los PCBs: 1.- *Usos cerrados*: material aislante de condensadores y transformadores grandes, equipos eléctricos, fluidos de intercambio térmico, aditivos de pinturas, papel autocopiante y plásticos; a partir de estos usos, las principales fuentes de emisión son: escapes, incendios, accidentes, vertidos ilegales y eliminación inadecuada. 2.- *Usos abiertos*: plaguicidas, materiales ignífugos, sellantes, pinturas, etc.; en relación con estos usos, las principales fuentes de emisión son los vertederos, la migración y las emisiones a la atmósfera debidas a la evaporación. Otras fuentes menos significativas son la incineración de residuos, la aplicación a las tierras de lodos de aguas residuales y la combustión de residuos de aceites, a los que hay que añadir los depósitos de PCBs como los sedimentos marinos y fluviales y los lodos de los puertos.

Como se expone el ser humano a las dioxinas y PCBs

La vía más importante de exposición humana es *el consumo de alimentos contaminados*, especialmente

carnes y productos lácteos. La presencia de dioxinas se debe a que el ganado consume forraje vegetal contaminado con estos compuestos (que puede ser por transporte atmosférico a grandes distancias desde fuentes de emisiones de dioxinas y PCBs), los que luego son bioacumulados en los tejidos grasos y leche de los animales. Esta vía es responsable de más del 90% de la exposición total.

Otras importantes vías de exposición en ciertas poblaciones son: a) el consumo de pescado contaminado por las descargas de dioxinas en aguas superficiales a partir de la atmósfera; b) ciertas exposiciones ocupacionales, por ejemplo de trabajadores de las industrias que producen compuestos clorados.

Efectos en la salud humana

Algunos tipos de cáncer, así como la incidencia total del cáncer, se han relacionado con la exposición accidental y profesional a las dioxinas (principalmente 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina también, conocida como TCDD). Al respecto, resultados de un estudio realizado en 1530 trabajadores cuya exposición durante un período mínimo de un año al 2,2,7,8 TCDD era conocida y con un período mínimo de latencia de 20 años entre la exposición y el diagnóstico de la enfermedad, pusieron en manifiesto un aumento ligero, pero significativo, de la mortalidad provocada por sarcoma de los tejidos blandos y cáncer del aparato respiratorio. La Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer (IARC) que forma parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 1997 clasificó a la dioxina TCDD como cancerígeno en humanos.

En niños expuestos a dioxinas o PCBs en el útero, se han observado alteraciones en el desarrollo neurológico y el comportamiento biológico, así como efectos en la hormona tiroidea. A exposiciones mayores debido a exposición accidental o pro-

fesional, los niños expuestos a dioxinas y PCBs a través de la placenta presentan afecciones a la piel (como el cloracné), defectos en la mineralización de los dientes, retrasos en el desarrollo, trastornos del comportamiento, menor longitud del pene en la pubertad, menor altura de las niñas en la pubertad y pérdida de capacidad auditiva.

Los PCBs están clasificados como probables carcinógenos humanos y producen una amplia gama de efectos adversos en los animales, entre ellos: toxicidad reproductiva, inmunotoxicidad y cercinogenicidad. Debido a que estas moléculas se bioacumulan en las grasas animales, los seres humanos, los pájaros marinos y los mamíferos acuáticos son las víctimas principales, ya que constituyen el final de la cadena trófica acuática.

Ecotoxicología

En la fauna que se expone a entornos contaminados con dioxinas, se ha observado una gama de efectos tóxicos que van de crónicos a agudos; estos efectos incluyen disminución de la fertilidad, anomalías del crecimiento, inmunotoxicidad y carcinogenicidad. Pocas veces se ha podido demostrar una relación clara causa-efecto entre los efectos observados y la exposición a las dioxinas y PCBs. La mayoría de las especies estudiadas tienden a ser más sensibles en las fases iniciales de la vida (huevos, embriones y larvas), debido a que estas moléculas actúan sobre una serie de sistemas importantes para el crecimiento y desarrollo, como vitamina A y metabolismo de las hormonas sexuales.

En el visón y el hurón se ha demostrado una relación directa de causa-efecto entre la exposición a los PCBs y la aparición de disfunciones inmunitarias, fracaso de la reproducción, aumento de la mortalidad de las crías, deformaciones y mortalidades de adultos. De la misma forma, se ha demostrado una correlación convin-

cente entre las concentraciones de PCBs y dioxinas en el medio ambiente y la reducción de la viabilidad de las larvas de varias especies de peces. En ballenas blancas encontradas muertas y encalladas en el río San Lorenzo, con una alta incidencia de tumores, contenían concentraciones significativamente elevadas de PCBs y otros contaminantes como clordano, mirex y toxafeno.

Acciones internacionales para el control de las dioxinas y PCBs

La comunidad europea ha pedido acciones urgentes a escala mundial para disminuir y/o eliminar la emisión de dioxinas y PCBs al medio ambiente:

- Declaración de 1990 aprobada por la Conferencia del Mar del Norte, en la cual se compromete entre otras cosas, a una reducción del 70% de las dioxinas cloradas
- Protocolo del Convenio de Barcelona, orientado a proteger las aguas del Mediterráneo con respecto a fuentes de emisión en tierra, en las que se incluían a las dioxinas en la lista de sustancias que debían controlarse .
- Directiva 91/689/CEE del Consejo de las Comunidades Europeas, en la que se reconoce la necesidad de legislación complementaria sobre la eliminación de residuos que contengan PCBs.
- En 1998 la Organización Mundial de la Salud (OMS), determinó las ingesta diaria tolerable (IDT) de dioxinas que no causaran daños en humanos, valores que actualmente se encuentran entre 1-4 pg EQT-OMS/kg de peso corporal.
- En el año 2000, el Comité Científico en Nutrición Animal de la Comunidad Europea, elaboró un documento con información concerniente a los valores de dioxinas contenidos en alimentos de origen animal. Determinaron que el acei-



te y la harina de pescado son los elementos con mayores índices de contaminación, le siguen las grasas animales y la menor contribución lo hacen los productos vegetales y animales (leche, carne y harina de hueso).

- En el 2001 la Comunidad Europea estableció niveles máximos permitidos de dioxinas en determinados productos alimenticios (Cuadro N°1).

Para lograr estos éxitos la Comunidad Europea propuso una serie de *directivas* sobre la reducción de emisiones de dioxinas y PCBs, entre las cuales es interesante de mencionar las siguientes:

- *Restricciones en la comercialización y utilización de productos químicos:* En 1985, la Directiva 85/467/CEE del Consejo sobre la limitación de las comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos, prohibió la utilización de los policlorobifenilos y policloroterfenilos. *Restricciones en la comercialización y utilización de productos químicos:* En 1985, la Directiva 85/467/CEE del Consejo sobre la limitación de las comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos, prohibió la utilización de los policlorobifenilos y policloroterfenilos.

- *Incineración de residuos:* En 1989, la Unión Europea aprobó por primera vez legislaciones para disminuir las emisiones de dioxinas procedentes de la incineración de residuos municipales estableciendo unas *condiciones de funcionamiento*, Señalan además, que en el 2005 se alcanzará una reducción del casi el 90% en las emisiones de estos contaminantes ya que en el período 1985-1990 fueron objeto de una política activa de lucha contra las dioxinas. Con las directivas sobre incineración de residuos se pone fin a esta situación.
- *Nutrición animal:* Como consecuencias de los casos de contaminación en el sector de los piensos para animales (pulpa de cítricos de Brasil con una fuerte contaminación de dioxinas en el año 1998 y arcillas caolínicas de algunas en 1999), se establecieron límites para las dioxinas contenidas en la pulpa de cítricos y las arcillas caolínicas.
- *Prevención y control integrados de la contaminación:* Además de la incineración, se cubren otros sectores industriales importantes que generan dioxinas, tratando simultáneamente todos los ámbitos del medio ambiente: el aire, al agua y el suelo. Todas las instalaciones que tienen el riesgo de emitir dioxinas están obligados a tener una autorización de las autoridades.

des correspondientes. Que deberán cumplirse en Octubre del 2007.

- *Traslado y eliminación de residuos que contengan PCBs:* La Directiva 75/439/CEE del Consejo, relativa a la gestión de aceites usados establece un límite de 50ppm en la cantidad de PCBs contenida en el aceite regenerado o el aceite usado como combustible. Además, establece procedimientos de control estrictos para los traslados de residuos que contengan PCBs a fin de evitar los vertidos ilegales. La finalidad es eliminar por completo estos contaminantes y los aparatos que contengan PCBs fijándose como fecha límite final el 2010 para los aparatos de grandes dimensiones (aparatos eléctricos y electrónicos)

Aspectos a mejorar en el control de las dioxinas y PCBs

Aunque se han conseguido grandes progresos en la disminución de las emisiones de dioxinas y PCBs al medio ambiente, la Unión Europea preocupada del problema ha constatado lo siguiente:

- En el caso de las emisiones industriales se ha logrado una considerable reducción de las emisiones, PERO, en el caso de las fuentes no industriales (combustión doméstica de sólidos y basuras además de los incendios) el índice de reducción de las emisiones es mucho menor, creciendo así la importancia de las contaminaciones no industriales.
- Durante el siglo XX se ha producido un millón de toneladas de PCBs hasta su prohibición en 1985. La mayor parte de estos productos, que son muy resistentes a la degradación (mayor a 30 años) y bioacumulables en la grasa de la biota, está actualmente esparcida por los suelos, los sedimentos y todo el sistema acuático (contaminación histórica).

- Faltan datos sobre las fuentes de emisión, lo cual crea considerable incertidumbre de los cálculos sobre este aspecto. Esto es aún más acentuado en los países de próxima adhesión a las Comunidades Europeas. Al respecto recomienda realizar cartografías de suelos y sedimentos muy contaminados dado que la contaminación por PCBs y dioxinas de los piensos y alimentos depende mucho de la contaminación del suelo y los sedimentos; estas cartografías aportarán a las autoridades competentes un instrumento importante para limitar la contaminación de la cadena alimentaria y de los piensos en la mayor medida posible.
- Faltan legislaciones sobre limitaciones y control de la presencia de dioxinas y PCBs en los piensos y en los alimentos. Así por ejemplo en 1998 se detectó una pulpa de cítricos procedente de Brasil que estaba muy contaminada con dioxinas; Las amplias investigaciones revelaron que el origen fue el uso de cal muy contaminada en la producción de gránulos de pulpa de cítricos.

Por otro lado, en 1999 la contaminación de grasa utilizada para la producción de piensos provocó en Bélgica una grave contaminación de diferentes productos animales. Las investigaciones efectuadas revelaron que el vertido de una mezcla comercial de PCBs en un centro de recogida de grasas y su utilización para la producción de piensos había provocado esta contaminación con dioxinas. En Junio del 2000 se encontraron altos niveles de dioxinas en algunas mezclas que contenían cloruro de colina, que se utiliza como aditivo de piensos; las investigaciones sobre el origen de esta contaminación señalaron que no fue el cloruro de colina sino el excipiente declarado como harina de mazorca de maíz el cual además tenía cascarilla de arroz o aserrín presumiblemente tratado con un conservante de la madera.

Estos incidentes demostraron claramente la necesidad de establecer legislaciones que limite y controle la presencia de dioxinas y PCBs en los piensos y alimentos.

Métodos analíticos utilizados en la medición de dioxinas y PCBs

La necesidad de detectar bajos niveles de dioxinas en los alimentos, hizo necesario el establecimiento de una técnica que fuera capaz de detectar niveles en partes por trillón. Es así, que la EPA estableció el Método 1613 el que especifica el uso de la Cromatografía de Gases de Alta Resolución y Espectrometría de Masas de Alta Resolución (HRGC/HRMS) para la detección y cuantificación de PCDD (policlorodibenzeno-p-dioxinas), PCDF (policlorodibenzofuranos) y PCBs (policlorobifenilos). Se indica este método como el mejor en sensibilidad, precisión y exactitud, validado además por varios laboratorios. *Existen pocos laboratorios que cuentan con esta sofisticada tecnología y los costos varían dependiendo de la muestra entre US\$1,200 a US\$10,000 por análisis.*

Recientemente, el 26 de julio del 2002 se publicó en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas la reglamentación para los métodos de muestreo y de análisis para el control oficial de las dioxinas y PCBs en los productos alimenticios; en esta directiva se confirma como oficial el método EPA 1613. Además se exige que los laboratorios deban estar acreditados por un organismo reconocido que opere en conformidad con la Guía ISO 58, a fin de garantizar que cumplen la garantía de calidad analítica. Dicha acreditación debe ser conforme a la norma ISO/IEC/17025:1999¹.

**CUADRO N°1.
NIVELES MÁXIMOS DE DIOXINAS
(SUMA DE PCDD Y PCDF EXPRESADA EN EQT - OMS,
UTILIZANDO LOS FET - OMS)
PERMITIDOS EN LOS ALIMENTOS EN LAS COMUNIDADES EUROPEAS.**

Alimentos o materias primas para alimentación animal.	Contenido máximo en mg/kg (ppm) alimentos para animales referido a un contenido de humedad del 12% ⁽¹⁾ ⁽²⁾.
Todas las materias primas para la alimentación animal de origen vegetal, incluidos los aceites vegetales y los subproductos.	0,75 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Minerales	1,0 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Grasa animal, incluida la grasa de leche y la grasa de huevo.	2,0 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Otros productos de animales terrestres, incluidos leche, productos lácteos, huevos y ovoproductos.	0,75 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Aceite de pescado.	6 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Pescado, otros animales marinos, sus productos y subproductos, excepto el aceite de pescado.	1,25 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Piensos compuestos, excepto los piensos para animales de peletería, de compañía y para peces.	0,75 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Piensos para peces. Alimento para animales de compañía.	2,25 ng EQT PCDD/F OMS/kg.

¹ Concentraciones del límite superior; las concentraciones del límite superior se calculan dando por sentado que todos los valores de las diferentes sustancias afines que estén por debajo del límite de detección son iguales a este límite.

² Estos contenidos se revisarán por primera vez antes del 31 de diciembre de 2004 a la luz de los datos de que se pueda disponer en el futuro sobre la presencia de dioxinas y de PCB similares a las dioxinas, especialmente a fin de aplicar también a estos últimos los contenidos máximos que se fijen, y posteriormente, antes del 31 de diciembre del 2006, a fin de reducir significativamente dichos contenidos máximos.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 6 del 10.1.2002, p 48-49.

La Comisión Europea fijó nuevos niveles para las dioxinas en las materias primas y bajaron los niveles máximos acordados a:

Aceite de pescado	4,5 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Harina de pescado y otros subproductos	1,0 ng EQT PCDD/F OMS/kg.
Carne de pescado y productos pesqueros	3 pg/g peso fresco
Aceite de pescado para consumo humano	1,5 pg/g grasa

Boletín Enero-Marzo 2002 Sector Pesca. "Dioxinas: Nuevos límites en la Unión Europea".
<<http://www.prompex.gob.pe/prompex>

Situación nacional sobre los niveles de contaminación de dioxinas y PCBs.

Si bien en Chile no se ha informado de contaminaciones con dioxinas y PCBs, no existen estudios formales concluyentes con respecto a este factor de riesgo. Además no existe una normativa que regule estos contaminantes en los programas actuales de Control de Residuos de Medicamentos y Contaminantes en los productos alimentarios de origen animal destinados al consumo de la población, como tampoco laboratorios analíticos que cuenten con la tecnología para realizar este tipo de análisis. Sin embargo, debido a la preocupación mundial existente y frente a las normativas ya promulgadas en la Comunidad Europea, sería necesario establecer legislaciones gubernamentales orientadas a controlar y disminuir la contaminación de aguas, suelos y sedimentos con estos contaminantes, como así también incorporar la búsqueda activa de estas sustancias en los planes actuales de control de residuos. Por otro lado, en un futuro cercano se hará necesario implementar técnicas de medición de dioxinas en los productos elaborados en nuestro país, principalmente a nivel pesquero, por la alta demanda que estos productos tienen a nivel internacional.

Dra.
Betty San Martín N. (M.V.; D.M.V.)
Profesor Asociado
Laboratorio de
Farmacología Veterinaria
Departamento de
Ciencias Clínicas
Facultad de Ciencias
Veterinarias y Pecuarias,
Universidad de Chile