

DIOXINAS, FURANOS Y COMPUESTOS RELACIONADOS. ORÍGENES Y RIESGOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

DIOXINS, FURANS AND RELATED COMPOUNDS. ORIGINS AND RISKS ASSOCIATED WITH FOOD PRODUCTION

Juan Martín Echarte. Senasa (Argentina)

Jefe de Departamento de Investigación en Química Analítica Instrumental y Control de Dioxinas.
Coordinación de Investigación, Desarrollo e Innovación Diagnóstica - DLA - DGLyCT -SENASA
jecharte@senasa.gob.ar / <https://orcid.org/0009-0007-1233-4111>

Resumen

Las Dioxinas, los Furanos y los PCBs similares a Dioxinas son compuestos que se caracterizan por ser muy estables térmicamente, químicamente inertes, muy lipofílicos y difícilmente biodegradables y metabolizables, por cuanto han sido incorporados a la lista de contaminantes orgánicos persistentes establecidos como prioritarios para el Convenio de Estocolmo. Estos compuestos tienen perfiles de toxicidad similares, mecanismos de acción comunes y generalmente se consideran juntos como un grupo para establecer pautas regulatorias. Siendo que la ingesta representa la ruta principal de exposición para los seres humanos, la presencia de concentraciones no admisibles en alimentos se ha relacionado principalmente con la contaminación de piensos o incidentes ambientales. Las investigaciones de varias crisis internacionales (Alemania 1998, Bélgica 1999, Irlanda 2008, Alemania 2010) sugieren con frecuencia el uso inapropiado de insumos producidos con fines técnicos. Asimismo, las actividades agropecuarias/pesqueras en zonas impactadas por la contaminación ambiental pueden derivar en alimentos con niveles elevados de Dioxinas, Furanos y PCBs similares a Dioxinas.

Abstract

Dioxins, Furans and Dioxin-like PCBs are compounds characterized by being very thermally stable, chemically inert, very lipophilic and hardly biodegradable and metabolizable, thus they have been incorporated into the list of persistent organic pollutants established as priorities for the Stockholm Convention. These compounds have similar toxicity profiles, common mechanisms of action, and are generally considered together as a group for regulatory guidance. Since ingestion represents the main route of exposure for humans, the presence of unacceptable concentrations in food has been mainly related to feed contamination or environmental incidents. Investigations from several international crises (Germany 1998, Belgium 1999, Ireland 2008, Germany 2010) frequently suggest the inappropriate use of inputs produced for technical purposes. Likewise, agricultural/fishing activities in areas impacted by environmental contamination can lead to food with high Dioxin, Furan and Dioxin-like PCBs levels.

Palabras clave: Dioxinas; Furanos; contaminantes orgánicos persistentes; producción de alimentos.

Keywords: Dioxins; Furans, persistent organic pollutants, food production.

El término “Dioxinas y sustancias similares a las Dioxinas” comúnmente se refiere a las dibenzodioxinas policloradas (PCDD o Dioxinas), los dibenzofuranos policlorados (PCDF o Furanos) y los bifenilos policlorados (PCB). Son estructuras de dos o tres anillos de carbonos a los que se unen diversos números de átomos de cloro. Los PCB pueden tener hasta 10 átomos de cloro en sustitución de hidrógenos, mientras que los PCDD y PCDF pueden tener hasta 8. Los compuestos a menudo tienen perfiles de toxicidad similares, mecanismos de acción comunes y generalmente se consideran juntos como un grupo para establecer pautas regulatorias (OMS, 2019).

Las Dioxinas se caracterizan por ser muy estables térmicamente, químicamente inertes, muy lipofílicas y difícilmente biodegradables y metabolizables (Fiedler, 1996), (Kanan y Samara, 2018). Esta alta estabilidad las convierte en compuestos de elevada persistencia cuando son liberados al ambiente y, por lo tanto, han sido incorporadas a la lista de contaminantes establecidos como prioritarios para el Convenio de Estocolmo.

Los estudios toxicológicos realizados sobre PCDD/F han demostrado que los 17 isómeros más tóxicos son aquellos que se encuentran clorados en las posiciones 2,3,7,8. Estos compuestos han recibido elevada atención por parte de los consumidores y la comunidad científica por la toxicidad aguda de su representante más estudiado, el 2,3,7,8-Tetraclorodibenzoparadioxina (TCDD), considerado popularmente como uno de los compuestos más tóxicos a la fecha sintetizado por el hombre (LD50 0.6 µg/kg en cobayos) (Schwetz et al., 1973).

La exposición humana a estas sustancias se ha asociado con una variedad de efectos tóxicos, incluido el cloracné, efectos sobre la reproducción, el desarrollo y el neurodesarrollo, las hormonas tiroideas, el hígado y la inmunotoxicidad.

Las Dioxinas y las sustancias similares han demostrado ser cancerígenas en una variedad de especies animales de experimentación, induciendo tumores en múltiples sitios. Los estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas ocupacional o accidentalmente a TCDD también indican carcinogenicidad humana en múltiples sitios combinados. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) clasificó inicialmente a la TCDD, al 2,3,4,7,8-Pentaclorodibenzofurano (PeCDF) y al 3,3',4,4',5-Pentaclorobifenilo (PCB 126) en el Grupo 1 (carcinógeno para los humanos). Además, la IARC indicó que existe evidencia convincente que el mecanismo de acción para el cáncer inducido por TCDD en humanos opera para muchas otras Dioxinas y sustancias similares. Los PCB similares a las Dioxinas (PCB

DL) fueron posteriormente clasificados en el Grupo 1 (cancerígenos para los humanos) en 2016 (OMS, 2019).

Las PCDD y los PCDF se producen principalmente como subproductos no deseados de la combustión y de diversos procesos industriales, y en menor proporción son generados por procesos naturales. A diferencia de las PCDD y los PCDF, los PCB son sustancias intencionales que se sintetizaron con fines comerciales hasta la década del '70 y se utilizaron a nivel mundial. Si bien la fabricación de PCB ahora está prohibida en virtud del Convenio de Estocolmo, su liberación al medio ambiente aún se produce a partir de la eliminación de equipos y desechos eléctricos a gran escala, de usos metalúrgicos y de la fabricación y el procesamiento de algunos productos químicos (OMS, 2019). Las investigaciones sobre las diferentes vías de exposición han demostrado que la ingesta de alimentos representa la ruta principal de exposición para los seres humanos, contribuyendo con más del 80% de la exposición total. En particular, el consumo de pescado, carne y lácteos constituye una vía de exposición significativa, por lo tanto, es fundamental establecer métodos para monitorear, predecir y prevenir la presencia de PCDD/F en dichos alimentos (EFSA., 2018).

Actualmente, la presencia de concentraciones no admisibles en alimentos se ha relacionado principalmente con la contaminación de piensos o incidentes ambientales. Entre los incidentes más relevantes originados por la contaminación de piensos podemos citar:

- **Crisis de la pulpa de cítricos en pellets – Alemania (1998)**

A partir de la detección de niveles crecientes de PCDD/PCDF en la leche de vaca (1998) por parte de la autoridad sanitaria de Alemania, comenzaron a realizarse investigaciones sobre las causas posibles, concluyendo que el origen se encontraba en uno de los ingredientes de piensos utilizados en la alimentación animal, específicamente en pellets de pulpa de cítricos (PPC) provenientes de Brasil.

Posteriormente se arribó a la conclusión que la cal utilizada en la producción de PPC para mojar pieles, pepitas y pulpas de naranjas para facilitar el proceso de secado y elevar el pH, habría sido la fuente primitiva de contaminación. Esta cal era para uso civil en la construcción y fue originada en un vertedero de una empresa química, que había sido utilizado durante más de 30 años para la eliminación de lechada de cal del proceso de producción de monómero de cloruro de vinilo (VCM), (producción de PVC), (Malisch, 2017).

• **Crisis de Dioxinas de Bélgica (1999)**

En Bélgica, en enero de 1999 se añadieron accidentalmente 50 kg. de bifenilos policlorados (PCB) contaminados con 1 gr. de Dioxinas a una reserva de grasa reciclada utilizada para la producción de 500 toneladas de piensos para animales. Aunque en febrero se notaron signos de intoxicación aviar, el alcance de la contaminación no se anunció públicamente hasta mayo, cuando parecía que más de 2.500 granjas avícolas y porcinas podrían haber estado involucradas.

Las consecuencias económicas fueron enormes: en septiembre de 1999 los costos directos de la crisis se estimaron en alrededor de 1.000 millones de ECU (Unidad Monetaria Europea, reemplazada el 1 de enero de 1999 por euros con la relación de conversión 1:1) y los costos indirectos se estimaron en unos 3.000 millones de ECUS (Malisch, 2017).

• **Crisis de cerdos en Irlanda (2008)**

En noviembre de 2008, la autoridad sanitaria de Irlanda encontró niveles elevados de PCB y Dioxinas en muestras de grasa porcina y en pan rallado seco utilizado para la elaboración de piensos. El pan rallado contaminado era producido por una planta de reciclaje de pan y masa de desecho (originalmente para consumo humano). El proceso se basaba en un sistema por convección, en el que se utilizaba gas de combustión como medio de secado, entrando así en contacto directo con el producto.

La investigación reveló que el *fuel-oil* utilizado para producir el gas era la causa de la contaminación. El combustible se encontraba contaminado con una mezcla comercial de PCB, que durante la quema originó Dioxinas que se depositaron directamente en el insu- mo.

Ante la imposibilidad de rastrear los productos de consumo final contaminados hasta los proveedores originales, las autoridades irlandesas decidieron, como medida de precaución, exigir la retirada del mercado de todo el cerdo irlandés y productos derivados carneados en el país entre el 1 de septiembre y el 6 de diciembre de 2008. Como resultado, se destruyeron 30.000 toneladas de productos porcinos, así como 170.000 cerdos y 5.700 bovinos (Malisch, 2017).

• **Contaminación de ácidos grasos con derivados de biodiesel – Alemania (2010)**

En diciembre de 2010, las autoridades alemanas informaron al Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Pienso (RASFF) de la Comisión Europea que una empresa productora de insumos para la elaboración

de piensos recibió un lote de ácidos grasos proveniente de un fabricante de biodiesel, (destinado a ser utilizado con fines técnicos), que se había mezclado con grasas aptas para la producción de alimentos para animales. Estos ácidos grasos estaban contaminados con Dioxinas.

El alimento compuesto producido con la grasa alimenticia potencialmente contaminada se entregó a granjas de gallinas ponedoras, aves de engorde (pollos y pavos), cerdos, vacas lecheras, bovinos, conejos y gansos, casi exclusivamente en Alemania. Las granjas que habían recibido alimentos potencialmente contaminados fueron bloqueadas por estricta precaución a la espera del resultado del análisis de Dioxinas. Inicialmente hubo 4.760 granjas potencialmente afectadas en Alemania, lo que provocó una gran crisis y una prohibición temporal de huevos, carne de aves y carne de cerdo proveniente de Alemania en varios países (Malisch, 2017).

Fuentes ambientales de contaminación

En los ecosistemas terrestres, las PCDD/F que provienen de emisiones atmosféricas o pesticidas agrícolas pueden alcanzar la vegetación y los suelos. Otras fuentes de contaminación relevantes incluyen la fertilización de tierras de cultivo e inundación de pasturas con lodos de efluentes contaminados (FAO/OMS, 2018). Estos compuestos en contacto con el suelo, se descomponen muy lentamente y permanecen allí por largos períodos con el potencial de trasladarse a plantas y animales por la vía trófica.

El vertido de desechos acuosos o efluentes contaminados de ciertos procesos, tales como el blanqueamiento con cloro de la pulpa de papel y de procesos metalúrgicos, pueden llevar a la contaminación del agua y los sedimentos de áreas costeras de océanos, lagos y ríos. Las especies de peces que viven o se alimentan en el fondo, están más expuestas a los sedimentos contaminados que las especies que habitan en aguas medias o superficiales (FAO/OMS, 2018).

En base a los reportes de PCDD/F en alimentos y en los niveles de exposición, existe un consenso a nivel mundial que las concentraciones ambientales admisibles y los controles de emisión deben ser más exigentes en áreas de producción agroalimentaria. Recientemente, un estudio iniciado por la agencia de ambiente de Alemania evaluó el impacto de las concentraciones ambientales de PCDD/F sobre productos de origen animal, considerando la significancia de varias fuentes. El estudio analizó suelo y piensos vinculados con los alimentos de origen animal con niveles por encima de los límites de la Unión Europea. El trabajo reveló

que aun en suelos con niveles admitidos de PCDD/F, los alimentos derivados de las aves de corral criadas a campo y sus huevos, y la producción de carne mediante cría extensiva de ganado, poseían concentraciones elevadas de PCDD/F (Weber, Herold, Hollert et al., 2018).

Medidas de prevención

Con el fin de mitigar el riesgo de la exposición poblacional a estos contaminantes, siguiendo los lineamientos citados recientemente por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), se deben implementar las siguientes medidas:

- Desarrollar inventarios locales para la identificación y la cuantificación de las emisiones de Dioxinas y Furanos.
- Aplicar políticas para la reducción de las fuentes de Dioxinas y PCB, siendo éste un requisito previo esencial para la reducción de la contaminación.
- Eliminar de forma segura los desechos industriales que contengan PCB y PCDD/F (o que puedan generar PCDD/F).
- Aplicar estrategias desarrolladas por la OMS/FAO para reducir la contaminación en alimentos y piensos. Los países deben desarrollar e implementar estrategias locales (FAO/OMS, 2018).
- Realizar monitoreo de PCDD, PCDF y PCB en alimentos y leche humana, al igual que en aire y en trabajadores expuestos a altos niveles.

Adicionalmente, los países importadores de alimentos requieren el monitoreo sostenido de este tipo de contaminantes, cuyo mayor inconveniente es que deben contar con un laboratorio altamente especializado para tal fin. Desde el año 2012, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), apoyado por otros organismos, ha trabajado para el establecimiento de un laboratorio para la detección de Dioxinas en alimentos, convirtiéndose actualmente en un centro de referencia para esta problemática.

Agradecimientos

Por la cuidadosa revisión de este artículo, se agradece a la Dra. Natalia Cappelletti (CONICET-UNDAV), y por facilitar la bibliografía, al personal de la Biblioteca de SENASA.

Bibliografía

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), et al. (2018). "Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in food and feed". *EFSA Journal*. (16(11):5333, pp. 331). Disponible en: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2018.5333>.

FAO/OMS (2018). "Code of practice for the prevention and reduction of Dioxins, Dioxin like PCBs and Non Dioxin Like PCBs in food and feed". Codex Committee on Contaminant in Food, Joint FAO-WHO Food Standards Programme. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/all-standards/en/>.

Fiedler, H. (1996). "Sources of PCDD/PCDF and Impact on the Environment". *Chemosphere* (vol.32, nro.1, pp. 55-64). Disponible en: <https://www.science-direct.com/journal/chemosphere/vol/32/issue/1>.

Kanan, S. y Samara, F. (2018). "Dioxins and furans: A review from chemical and environmental perspectives". *Trends in Environmental Analytical Chemistry* (vol. 17, pp. 1-13). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.teac.2017.12.001>.

Malisch, R. (2017). "Incidents with Dioxins and PCBs in food and Feed-Investigative work, Risk Management and Economic Consequences". *Journal of Environmental Protection* (8, pp. 744-785). Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=77257>.

OMS (2019). "Exposure to Dioxin and Dioxin Like substances: a major public concern". Department of Public Health, Environmental and Social Determinants of Health. Ginebra, OMS.

Schwetz, B. A., Norris, J. M., Sparschu, G. L., Rowe, V. K., Ghering, P. J., et al. (1973). "Toxicology of chlorinated dibenzo-p-dioxins". *Adv. Chem* (120, pp.55-69).

Weber, R., Herold, C., Hollert, H., et al. (2018). "Reviewing the relevance of dioxin and PCB sources for food from animal origin and the need for their inventory, control and management". *Environ Sci Eur* (pp.30, 42). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0166-9>.