

**AVANCES EN EL ANÁLISIS Y CONTROL DE DIOXINAS EN ALIMENTOS**

*(ADVANCES IN THE ANALYSIS AND CONTROL OF DIOXINS IN FOOD)*

*Jordy Gámez-Villazana.*

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

*jordyjavier1@gmail.com.*

*Recibido: 12-05-2020/ Aceptado: 28-10-2020*

**RESUMEN**

Las dioxinas son contaminantes ambientales antropogénicos persistentes, bioacumulables y tóxicos que pueden encontrarse incluso en lugares aislados. Estos contaminantes son moléculas remanentes clasificadas como dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDF) que se caracterizan porque se acumulan a través de la cadena alimentaria, predominantemente en alimentos de origen animal ricos en lípidos, y porque han sido asociados con una serie de efectos adversos en humanos. La detección de dioxinas en la cadena alimentaria es un problema científico complejo y requiere un conocimiento específico sobre los procesos de producción y los cambios de patrones durante la bioacumulación. Esta revisión presenta una descripción general de avances científicos actualizados en el análisis y control de dioxinas en alimentos, examinando los principales métodos de cuantificación usados recientemente. Previamente se estudia minuciosamente la molécula de estas sustancias, haciendo énfasis en las medidas de seguridad con respecto a la ingesta de dioxinas en alimentos y su efecto negativo en la salud relacionados con el cloracne, enfermedades cardiovasculares, disfunciones tiroideas e incluso cáncer, lo que permite tener una mejor comprensión contextual de la situación actual de estas moléculas.

**Palabras Clave:** Dioxinas, bioacumulación, cloracne.

## SUMMARY

Dioxins are persistent, bioaccumulating and toxic anthropogenic environmental pollutants that can be found even in isolated places. These contaminants are remnant molecules classified as polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofurans (PCDF) that are characterized by accumulating throughout the food chain, predominantly in foods of animal origin rich in lipids, and because they have been associated with a series of adverse effects in humans. Detection of dioxins in the food chain is a complex scientific problem and requires specific knowledge about production processes and pattern changes during bioaccumulation. This review presents an overview of up-to-date scientific advances in the analysis and control of dioxins in food, examining the main recently used quantification methods. Previously, the molecule of these substances has been thoroughly studied, emphasizing safety measures regarding the intake of dioxins in food and its negative effect on health related to chloracne, cardiovascular diseases, thyroid dysfunctions and even cancer, allowing have a better contextual understanding of the current situation of these molecules.

*Keywords:* Dioxins, bioaccumulation, chloracne.

## INTRODUCCIÓN

Las sustancias nocivas presentes en los alimentos provocan enfermedades que suelen caracterizarse por diferentes clases de trastornos que lentamente enferman al ser humano (Organización Panamericana de la Salud, PAHO, 2021); este motivo hace que las normativas últimamente contengan información sobre las sustancias permitidas en alimentos para ayudar visiblemente al control de sustancias que son tóxicas. Durante los últimos años se han estado realizando investigaciones que permiten manifestar la preocupación sobre los efectos nocivos que a largo plazo tiene la exposición crónica a bajos niveles de productos químicos o residuos empleados en el procesamiento de alimentos, la agricultura, y los que se producen en el ambiente.

Existe evidencia experimental que muchos de estos compuestos remanentes pueden alterar el desarrollo del sistema endocrino y afectar la salud del ser humano. Una de estas sustancias consideradas un riesgo para los consumidores se denomina dioxina. Las cuales son contaminantes organoclorados lipofílicos ampliamente dispersos en el medio ambiente y almacenados en los tejidos graso, permitiendo la acumulación en la cadena alimentaria

(Fürst, 2019). Por tanto, han sido consideradas como los compuestos más tóxicos producidos por el hombre.

Con referencia a lo anterior, la exposición del ser humano a las dioxinas puede ocurrir por ingestión, inhalación y absorción por la piel. La inhalación y el contacto dérmico pueden ser importantes en individuos altamente expuestos a materiales contaminados, sin embargo, se ha observado que la principal fuente de exposición es la alimentación. Se considera que más del 90% de la exposición a dioxinas en humanos es de origen alimentario (Samsing *et al.*, 2011), principalmente por el consumo de alimentos grasos contaminados, la mayor parte de las dioxinas suele llegar al ser humano a través de la leche, huevos, carne y pescado, al igual que los empaques que son utilizados para envolver los alimentos (Pinzón-Rojas, 2010).

En este sentido, el objetivo de esta investigación es hacer una revisión actualizada de los principales avances en el análisis y control de dioxinas en alimentos, mostrando previamente el efecto de estas moléculas en la salud del consumidor.

## **DIOXINAS**

Las dioxinas pertenecen al grupo de los organoclorados, dentro de los cuales se incluyen cerca de 11.000 sustancias. La molécula es tricíclica aromática y halogenada, con un anillo común a todas, que es, la dibenzo-p-dioxina. Se caracterizan por tener alta liposolubilidad y ser moléculas muy estables y por ello resistentes a la degradación biológica y química (Karchner *et al.*, 2006). Son contaminantes de síntesis que se forman de manera espontánea en diversos procesos industriales. Además, son estables en el ambiente, capaces de permanecer en los tejidos humanos y animales; y por ello hacen bioacumulación, lo que facilita la presentación de toxicidad crónica, como la carcinogenicidad, la mutagenicidad y el efecto disruptor endocrino (Cruz-Carrillo *et al.*, 2010).

Las dioxinas son una clase de sustancias químicas cloradas clasificadas en policlorodibenzo-p-dioxina (PCDD) y policloro dibenzofuranos, (PCDF), y conocidos como contaminantes orgánicos persistentes (COP) debido a sus propiedades físico-químicas, tales como la resistencia a la degradación química, física y biológica, baja volatilidad, capacidad

de ser transportado a cualquier parte del planeta y propensión a la bioacumulación en el tejido graso de los organismos vivos (Sadler y Connel, 2012). Estas sustancias poseen propiedades tóxicas en función del número y de la posición de los átomos de cloro presentes en su estructura. En este particular, la dioxina 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD), es la más tóxica y la más estudiada, e inclusive la Organización Mundial de la Salud (2010a) ha incluido a esta dioxina en su lista oficial de sustancias cancerígenas. Las dioxinas y los furanos son un grupo de 210 compuestos diferentes divididos en 135 furanos y 75 dioxinas, de los cuales sólo los 17 congéneres son motivo de gran preocupación debido a la posición lateral del átomo de cloro en la molécula, lo que le confiere propiedades tóxicas agudas a estos compuestos (Hoogenboom *et al.*, 2015).

### **DIOXINAS EN ALIMENTOS Y SU EFECTO EN LA SALUD**

En los países industrializados ha habido una amplia investigación para obtener más información sobre las concentraciones de dioxinas en muestras de alimentos y tejidos humanos (incluida la leche humana), no obstante, para los países en desarrollo, tales datos todavía son escasos (United Nations Environmental Program, 2017; De Lacerda y Rose, 2015). La falta de capacidad analítica y las bajas inversiones en investigación dan como resultado menos datos disponibles para evaluar los niveles exactos de las dioxinas en esos países.

Uno de los primeros reportes en alimentos lo hizo la US-EPA en 1997 cuando identificó en bolas de arcilla (arcilla con una gran cantidad de materia orgánica) usadas como alimentos para pollos, presencia de dioxinas contaminantes que provocaron problemas a los consumidores. Así mismo, en 1998 fue reportado un lote de pulpa de cítricos contaminada con dioxina, que se utilizó como ingrediente alimentario para rumiantes en Alemania (De Lacerda, 2019; Malisch, 2000).

En el mismo orden de ideas, se ha reportado la presencia de dioxinas en huevos de gallina destinados a consumo humano, debido a la contaminación del alimento de las aves con estos tóxicos (Korkalainem, 2005; Embid, 2004). De igual forma, se evidenció presencia de

dioxina en grasas comestibles de diferentes tipos, no sólo las de origen animal sino también vegetal como producto de su contaminación o por sobrecalentamiento (Hoogenboom, 2007; Huwe y Larsen, 2005). En otro estudio publicado por Cañedo-López y Macias-Zamora (2007), se encontró presencia de PCDDs y PCDFs en peces de cuatro regiones diferentes de México, reportando que los peces de la zona de Pátzcuaro presentaron mayor contenido de PCDD/PCDFs con un promedio de 0,3 pg PCDDs/PCDFs/g grasa peso húmedo.

En 2007, la Comisión Europea alertó de la presencia de altas concentraciones de dioxinas en Goma Guar, un aditivo alimentario utilizado en pequeñas cantidades como espesante en las carnes, productos lácteos, postres y platos precocinados. Este material procedía de la India y estaba contaminado con pentaclorofenol, que a su vez estaba contaminado con dioxinas y furanos (OMS, 2010b). Más reciente, Mohr *et al.*, (2014) reportó niveles de PCDD y PCDF en miel comercial de Brasil y España. En este sentido, debe quedar claro que producto de la permanencia de las dioxinas en el organismo y de su alta liposolubilidad las mujeres lactantes están expuestas a estos compuestos por consumo de alimentos contaminados (Prado, *et ál.*, 2002).

Por otro lado, las dioxinas pueden entrar en la alimentación animal y por tanto a la cadena alimentaria humana a través de una ruta directa, indirecta o ambas. La ruta directa incluye: de aire a planta/suelo, de planta/suelo a animal y de agua/sedimento a peces. En esta ruta, las dioxinas se depositan en la vegetación y en el suelo a través de prácticas agrícolas de pesticidas, fertilizantes e irrigación. Así mismo, las dioxinas pueden entrar por vía directa al sistema acuático con descargas en el agua, por deposición sobre el suelo y por escurrimiento de cuencas hidrográficas pudiendo acumular las especies pesqueras niveles elevados de dioxinas, y por tanto el ingreso en los seres humanos (Naccha-Torres, 2010). Se estima que el 5% del depósito aéreo de dioxinas en el ambiente terrestre son retenidos por plantas y los otros 95% llegan al suelo. Por tanto, las dioxinas transmitidas por el suelo son fuente de reservorio que pueden llegar a plantas usadas como alimentación animal por volatilización y redeposición (IMNA, 2003). La ruta indirecta tiene el potencial para producir elevados niveles de dioxinas en los animales, como por ejemplo las prácticas de la agricultura, las

dietas de los animales y la fabricación de piensos para animales (IMNA, 2003). En este particular, las dioxinas son transportadas por vía atmosférica a productos vegetales destinados a los animales como pastos y forrajes, que a su vez son transmitidos a la carne, leche y productos derivados de estos, y finalmente consumidos por el ser humano (Turrio-Baldassarri *et al.* 2009).

Las dioxinas tienen un alto poder tóxico y una vez ingresadas en el organismo persisten en él durante mucho tiempo dado su estabilidad y su fijación en el tejido graso donde se almacenan y causan efectos nocivos a largo plazo, dependiendo del nivel de exposición, la duración y frecuencia de la exposición. En este sentido, la exposición breve en cantidades elevadas puede provocar lesiones cutáneas como acné clórico y manchas en la piel, alteraciones hepáticas, dolores musculares y articulares, así como también alteraciones neurológicas, psiquiátricas y muerte por enfermedad cardiovascular isquémica. Mientras que exposiciones crónicas a pequeñas dosis implica un efecto cancerígeno por inducción o promoción, desordenes de la función de reproducción, efecto sobre el sistema nervioso central en desarrollo, disrupción endocrina y sistema inmunitario, incluida la inmunosupresión (Schechter *et al.*, 2019; Benvenega *et al.*, 2015; OMS, 2010). Además, debe quedar claro que la disfunción en el sistema inmunitario puede significar mayor sensibilidad a la infección, aumento en la probabilidad de desarrollo de algunos tipos de cánceres, aparición de alergias o enfermedades autoinmune (Benvenega *et al.*, 2015; United Nations Environmental Program, 2014).

Por otro lado, los efectos a corto plazo de la exposición a dioxinas pueden incluir un aumento en los niveles de lípidos en la sangre, dolores de cabeza, náuseas, fatiga y disminución de la libido y la capacidad sexual. La ruta de exposición a las dioxinas para la población en general es en gran medida a través del consumo de alimentos de origen animal. Hasta la fecha, no existe un método conocido para reducir una carga elevada de dioxina en el cuerpo humano (Schechter *et al.*, 2019).

En este sentido, la contaminación de los alimentos con dioxinas, llevó a la Unión Europea en 2001 a tomar varias medidas de control para prevenir el consumo de alimentos

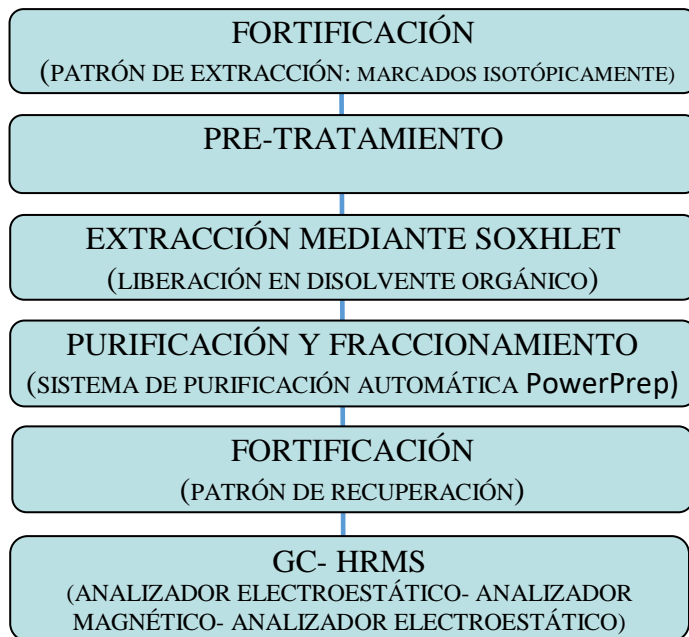
(Malisch y Kotz, 2014). Dentro las acciones tomadas se incluyeron el establecimiento de niveles máximos y niveles de acción para dioxinas en alimentos para animales y humanos, el desarrollo de una red de laboratorios de referencia con metodologías armonizadas y criterios analíticos para la detección y métodos confirmatorios (Comisión Europea, 2011; Malisch y Kotz, 2014). Estas acciones condujeron a una mejor comprensión de los grupos de alimentos que deberían recibir atención de las autoridades (carne, pescado y productos lácteos, por ejemplo) y a un desarrollo de tendencia temporal de exposición alimentaria. Inclusive recientemente en una investigación de una década sobre el consumo de dioxinas a través de muestras de alimentos de origen animal (Pescado y Queso) y vegetal en Italia (Diletti, 2018), se demostró una tendencia decreciente de la ingesta de estas sustancias en esos 10 años, confirmando que la implementación de la estrategia de la Unión Europea para la reducción progresiva general de las dioxinas en la cadena alimentaria está dando resultados positivos.

## **ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE DIOXINAS EN ALIMENTOS**

El análisis y determinación de las dioxinas se realiza por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (GC-HRMS), que es el método de referencia internacional con más alta sensibilidad para las policlorodibenzo-p-dioxina y policloro dibenzofuranos (EPA Method 1613; European standard EN1948/2006). Sin embargo, se ha probado GC con Espectrometría de Masas de Baja Resolución (LRMS) para la cuantificación de dioxinas en carnes y leches (Naccha-Torres, 2010) y Espectrometría de Masas en Tándem (MS/MS) a presión atmosférica para piensos y matrices de alimentos (Portolés et al., 2016; Ten-Dam *et al.*, 2016). No obstante, en todos los casos es muy complejo y por el alto costo que implica la determinación de estos compuestos tóxicos, solo algunos países industrializados han logrado el desarrollo de metodologías, así como la experiencia en la medición y análisis de dioxinas provenientes de diferentes fuentes.

Se usa principalmente HRMS en el análisis de los compuestos Dioxinas, porque han mejorado considerablemente la calidad de los análisis, ya que se incorporan compuestos o patrones marcados isotópicamente (Van Bavel y Abad, 2008). En este particular, la

cuantificación se realiza mediante el método de dilución isotópica, que está basado en la linealidad de la respuesta del espectrómetro de masas frente a la señal que originan estos compuestos en un intervalo de concentraciones, que viene determinado por las rectas de calibrado, así como por la utilización de un factor de respuesta relativa obtenido a partir de éstas. A continuación en la figura 1, se puede observar las principales etapas de la metodología analítica utilizada para la determinación de dioxinas, siguiendo las recomendaciones del método de referencia internacional.



**Figura 1.** Etapas principales de la metodología analítica utilizada en la determinación de los compuestos tipo dioxinas. Fuente: Adaptado de Martínez-Guijarro (2014).

Un estudio reciente llevado a cabo por Ten-Dam *et al.*, 2016 para la cuantificación de dioxinas en piensos y otras muestras de alimentos demostraron que la GC acoplada a espectrometría HRMS dea mejores resultados respecto a la GC acoplada a Espectrometría de Masas en Tándem (MS/MS), ya que daba una mejor selectividad. Esto lo confirma Taverne-Veldhuizen *et al.*, (2020) quienes determinaron la contaminación por dioxinas



durante el procesamiento industrial del aceite crudo de palma, así como en aceite refinado y sus subproductos e indicaron que el mejor método para el análisis de dioxina es mediante GC-HRMS, ya que se determinaron los perfiles de congéneres en corto tiempo, y se generaron resultados de niveles de equivalentes tóxicos (TEQ) confiables. Así mismo, lo hicieron recientemente Kudryavtseva *et al.*, (2020), quienes estudiaron huevos de gallina de corral como bioindicador de la contaminación por dioxinas (PCDD / PCDFs) en Vietnam y realizaron toda la cuantificación por el método GC-HRMS, encontrando resultados confiables que demostraron que la mayoría de los huevos provenientes del Sur de Vietnam excedieron los límites máximos permitidos en dioxinas, siendo la principal vía de exposición de estas moléculas el suelo.

## CONCLUSIONES

Las dioxinas son compuestos indeseables y contaminantes no intencionados obtenidos a partir de procesos térmicos de materias orgánicas y compuestos clorados en presencia de oxígeno, poco biodegradables y muy solubles en las grasas, tendiendo a acumularse en suelos, sedimentos y tejidos orgánicos, pudiendo penetrar en la cadena alimentaria a través de la ingesta de la dieta, y una vez ingresado al organismo humano, persisten en él durante mucho tiempo dado su estabilidad y a su fijación en el tejido graso donde se almacenan constituyendo un riesgo para la salud pública, por lo que es necesario adoptar medidas estrictas en Suramérica para reducir el nivel de contaminación fijando un límite máximo de estos contaminantes en los productos alimenticios.

Para el análisis y cuantificación de dioxinas en alimentos lo más recomendable para un departamento de control de calidad es usar Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas de Alta Resolución, en vista que es un método con alta sensibilidad y bajos límites de detección que permite cuantificar moléculas remanentes de este tipo, con una alta selectividad que proporciona una clara diferenciación frente a otras sustancias interferentes cuyos niveles pueden ser varios órdenes de magnitud superiores, y a la misma

vez es un método con una alta especificidad, alta precisión y exactitud que garantiza la menor dispersión posible.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Benvenga, S; Antonelli, A; Vita, R. 2015. Thyroid nodules and thyroid autoimmunity in the context of environmental pollution. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 16:319–340. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9327-6>
- Cañedo-López Y. and Macías-Zamora J.V. 2007. Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans in fish from four different regions of Mexico. *Ciencias Marinas* 33:217-227.
- Comisión Europea (European Commission). 2011. Commission Regulation No 1259/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and non dioxin-like PCBs in foodstuffs. *Off. J. Eur. Union*: 18-23(3dez.L320).
- Cruz-Carrillo, A; Moreno-Figueroa, G; Lara-Osorio, M. 2010. Toxicología de las dioxinas y su impacto en la salud humana. *Revista de Medicina Veterinaria*, 19 (1):73-84.
- De Lacerda, J.P.A. 2019. The History of the Dioxin issue in Brazil: From citrus pulp crisis to food monitoring (REVIEW). *Environment International*, 122: 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.016>
- De Lacerda, J.P.A. y Rose, M. 2015. Human exposure to dioxins and PCBs in Brazil: a rough estimation and data gaps. *Organohalogen Compd.* 77: 329–332.
- Diletti, G; Scortichini, G; Abete, M. C; Binato, G; Candeloro, L; Ceci, R; Chessa, G; Conte, A; Di Sandro, A; Esposito, M; Fedrizzi, G; Ferrantelli, V; Ferretti, E; Menotta, S; Nardelli, V; Neri, B; Piersanti, A; Roberti, F. y Brambilla, G. 2018. Intake estimates of dioxins and dioxin-like polychlorobiphenyls in the Italian general population from the 2013-2016 results of official monitoring plans in food. *Science of The Total Environment*, 627 (15): 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.181>.
- Embido, A. 2004. “Dioxinas: de Vietnam a nuestra vida cotidiana”. *Medicina Medioambiental* 49: 204–246.
- EN-1948-1,2,3., 2006. European Standard, Stationary Source Emissions. Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

- EPA Method 1613, 1994. Tetra- through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotopic Dilution HRGC/HRMS; EPA: Washington, DC, 1994; <http://www.epa.gov/region03/1613.pdf>
- Fürst, P. 2019. Dioxins and Dioxin-like PCBs in Feed and Food. *Encyclopedia of Food Chemistry*: 384-392. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21806-4>
- Institute of Medicine of National Academies (IMNA). 2003. Dioxins and Dioxins-like Compounds in the food Supply: Strategies to decrease exposures: 37-74.
- Karchner, S.I; Franks, D.G; Keneddy, S.W. y Hahn, M.E.. 2006. “The molecular basis for differential dioxin sensitivity in birds: Role of the aryl hydrocarbon receptor”. *Proc Natl Acad Sci*, 103 (16): 6252–6257.
- Korkalainen, M.2005. “Structure and expression of principal proteins Involved in dioxin signal transduction and potentially in dioxin sensitivity”. Publications of the National Public Health Institute, KTL A11.
- Kudryavtseva, A. D; Shelepchikov, A. A. Brodsky, E. S. 2020. Free-range chicken eggs as a bioindicator of dioxin contamination in Vietnam, including long-term Agent Orange impact. *Emerging Contaminants*, 6: 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.02.003>
- Hoogenboom, L.A.P. 2007. “A novel source for dioxins present in recycled fat from gelatin production”. *Chemosphere*, 68 (5): 814–823.
- Hoogenboom, R.; Traag, W; Fernandes, A; Rose, M. 2015. European developments following incidents with dioxins and PCBs in the food and feed chain. *Food Control*, 50: 670–683
- Huwe, J.K. y Larsen, G.L. 2005. “Polychlorinated dioxins, furans, and biphenyls, and polybrominated diphenyl ethers in a U.S. meat market basket and estimates of dietary intake”.39 (15): 5606–5611.
- Malisch, R. y Kotz, A. 2014. Dioxins and PCBs in feed and food–review from European perspective. *Sci.Total Environ.*2(10).
- Malisch, R. 2000. Increase of the PCDD/F-contamination of milk, butter and meat samples by use of contaminated citrus pulp. *Chemosphere* 40: 1041–1053.
- Martínez-Guijarro, K. 2014. Policlorodibenzo-p-dioxinas, Policlorodibenzofuranos (PCDD/Fs) y bifenilos Policlorados (dl-pcbs) en la gestión de residuos y El medio ambiente. Tesis Doctoral de Química Analítica del Medi Ambient i. Universidad de Barcelona Facultad de Química. Departamento de Química Analítica. 236 pg.

- Mohr, S., García-Bermejo, A., Herrero, L., Costabeber, I.H., González, M.J., 2014. Determination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs) and dioxina-like polychlorinated biphenyls (dl-PCBs) in commercial honeys from Brazil and Spain. *Organohalogen Compd*, 76: 530–533.
- Naccha-Torres, L. 2010. Cuantificación de dioxinas por cromatografía de Gases/espectrometría de masas de baja resolución (gc/lrms) en carnes y leches consumidos en nuevo león. Tesis Doctoral en Ciencias con Acentuación en Alimentos. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. 204 pg.
- OMS (World Health Organization). 2010a. Exposure to Dioxins and Dioxin like Substances: A Major Public Health Concern. WHO, Geneva (6p).
- OMS (Organización Mundial de la salud), 2010b. Las dioxinas y sus efectos en la salud humana. Nota descriptiva N°225. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/es/>.
- PAHO (Organización Panamericana de la Salud). 2021. Peligros Químicos. Consultado y recuperado en: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10849:2015-peligros-quimicos&Itemid=41432&lang=en](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10849:2015-peligros-quimicos&Itemid=41432&lang=en)
- Pinzón-Rojas, L.D. 2010. Dioxina en los alimentos, riesgo en la salud de los consumidores. Trabajo de Grado de Ingeniería de Alimentos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facultad de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. 118 pg.
- Portolés, T; Sales, C; Abalos, M; Sauló, J. y Abad, E. 2016. Evaluation of the capabilities of atmospheric pressure chemical ionization source coupled to tandem mass spectrometry for the determination of dioxin-like polychlorobiphenyls in complex-matrix food samples. *Analytica Chimica Acta*, 937 (21): 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.06.038>
- Prado, F.; Carabias, M.; Rodríguez, E. y Herrero, H. 2002. “Presencia de residuos y contaminantes en leche humana”. *Revista Española de Salud Pública* 76(2): 121-132.
- Sadler, R. y Connel, D. 2012. Global Distillation in an Era of Climate Change, Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention-Environmental and Analytical Update. S.I. Intech: 191–216.
- Samsing, F.; Bustos-López, C.; Schoffer, J.T.; Mattar, C.A.; González, A.; Robles, C.; Acevedo, O.; Valdovinos, C.E. 2011. Insumos Utilizados em la preparación de alimentos em producción porcina y su potencial de contaminación por dioxinas em la carne. *Arch Med Vet* 43: 287–294.

- Schechter, A.J; Colacino, J.A; Birnbaum, L.S. 2019. Dioxins: Health Effects. Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition): 135-142. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11755-5>
- Taverne-Veldhuizen, W; Hoogenboom, R; tenDam, G; Herbes, R. y Luning, P. 2020. Understanding possible causes of exceeding dioxin levels in palm oil by-products: An explorative study. Food Control, 108 (February): 106777. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106777>
- Ten-Dam, G; Cabreira-Pussente, I; Scholl, G; Eppe, G; Schaechtele, A. y Leeuwen, S. 2016. The performance of atmospheric pressure gas chromatography–tandem mass spectrometry compared to gas chromatography–high resolution mass spectrometry for the analysis of polychlorinated dioxins and polychlorinated biphenyls in food and feed samples. Journal of Chromatography A, 1477 (16): 76-90. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2016.11.035>
- Turrio-Baldassarri L., Alivernini S., Carasi S., Casella M., Fuselli S., Iacovella, N., Iamiceli A.L., La Rocca C., Scarcella C., Battistelli C.L. 2009. PCB, PCDD and PCDF contamination of food of animal origin as the effect of soil pollution and the cause of human exposure in Brescia. Chemosphere 76: 278-285.
- United Nations Environmental Program. 2014. Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants–Second Regional Monitoring Report. (101p).
- United Nations Environmental Program. 2017. Effectiveness Evaluation of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants Pursuant to Article 16. Geneva. (26p).
- Van Bavel B., Abad E., 2008. Long-Term Worldwide QA/QC of Dioxins and Dioxin-like PCBs in Environmental Samples. Analytical Chemistry, 80: 3956–3964.