

Las Dioxinas en Colombia: Un Análisis Desde la Salud Ambiental

Dioxins in Colombia: An Environmental Health Analysis

Danna Serrano-Espitia¹
Johana Ocampo-Ramírez²
Angela Galvis-Lozano³
Laura Karina Peña⁴
Verónica Orozco-Roa⁵
Camilo González-Martínez⁶

Recibido: 12 de noviembre de 2020

Aprobado: 27 de noviembre de 2020

Resumen

Las dioxinas hacen referencia a dos clases los compuestos: policloro dibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y policloro dibenzo-furanos (PCDFs) que pertenecen al grupo de los contaminantes orgánicos lipofílicos y persistentes (POP). Son sustancias que presentan una alta toxicidad en humanos, prolongada persistencia en el ambiente en razón a su limitada capacidad de biodegradarse. El objetivo de la investigación fue desarrollar un análisis de las dioxinas desde un enfoque de salud ambiental. La metodología utilizada fue la revisión de literatura científica y técnica con el fin de lograr un estudio descriptivo de los aspectos más relevantes en salud ambiental, siendo la salud pública el marco teórico-conceptual. El presente estudio presenta cinco resultados: una descripción de la dinámica ambiental de las dioxinas respecto a los ciclos biogeoquímicos, un desarrollo teórico respecto a la toxicología ambiental de las dioxinas, una identificación de la sintomatología asociada a

¹ Ingeniera ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá DC. Colombia. Email: dserrano@unbosque.edu.co ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1976-5746>

² Ingeniera ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá DC. Colombia. Email: jocampora@unbosque.edu.co ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6492-6369>

³ Ingeniera ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá DC. Colombia. Email: agalvisl@unbosque.edu.co ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4571-3421>

⁴ Ingeniera ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá DC. Colombia. Email: lkpena@unbosque.edu.co ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2300-7171>

⁵ Ingeniera ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá DC. Colombia. Email: vorozco@unbosque.edu.co ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3770-8611>

⁶ Ingeniero ambiental. PhD. (c). Salud Pública. MSc. Gestión Ambiental. Profesor Universidad El Bosque. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Ambiental. Investigador Grupo de Investigación Agua, Salud y Ambiente. Email: cgonzalez@unbosque.edu.co ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7051-147X>

intoxicaciones por dioxinas, una identificación de biomarcadores asociados en un marco epidemiológico y por último un análisis normativo - legal internacional y para Colombia. Como conclusiones, se determina que la principal vía de exposición humana es por ingesta de alimentos contaminados por dioxinas, así mismo la población de mayor riesgo a exposición son los lactantes y población mayor. Como cierre, no hay reportes directos de resultados de investigaciones científicas en salud ambiental respecto a ingesta de alimentos contaminados por dioxinas en Colombia.

Palabras clave: biogeoquímica; biomarcadores; contaminación; salud pública; toxicología ambiental.

Abstract

Dioxins refer to two classes of compounds: polychloro dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and polychloro dibenzo-furans (PCDFs) that belong to the lipophilic group and persistent organic pollutants (POP). They are high toxicity substances on humans and prolonged persistence in the environment due to their limited potential to biodegrade. The research objective was to develop a dioxins analysis from an environmental health approach. The methodology was scientific and technical literature review about dioxins to achieve a descriptive study of the environmental health most relevant aspects, and the public health was the theoretical-conceptual framework. This study presents five results: a description of dioxins environmental dynamics related to biogeochemical cycles, a theoretical development regarding the dioxins environmental toxicology, a symptom identification because of dioxin poisonings, identification of associated biomarkers, and finally, a legal and normative analysis for Colombia and their international framework. In conclusion, it is determined that human exposure's main route is the ingestion of foods contaminated by dioxins; likewise, the most significant risk populations are children -breastfeeding period- and the elderly population. Finally, there are no direct reports of scientific research that results in environmental health concerning the intake of foods contaminated by dioxins in Colombia.

Keywords: biogeochemistry; biomarkers; contamination; environmental toxicology; public health.

Introducción

Este artículo analiza las diferentes implicaciones de las dioxinas en el ambiente y la salud humana, permitiendo presentar un escenario para investigaciones futuras y aplicadas hacia un análisis epidemiológico de enfermedades asociadas a exposiciones ambientales. Uno de los grupos de sustancias reconocidas por el Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente como prioritarias debido a sus efectos adversos en la salud humana y el ambiente son los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) por estas características comunes: alta toxicidad en los humanos, prolongada persistencia en el ambiente y los individuos debido a su limitada capacidad de biodegradarse, penetrante distribución, entre los cuales se destacan las dioxinas (Herkovits, 2000).

Las dioxinas y furanos son los nombres comunes con los que se conoce a dos grupos de compuestos organoclorados: policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDD) y policlorodibenzofuranos (PCDF). Algunas de estas sustancias poseen propiedades altamente tóxicas y se generan en una gran variedad de procesos industriales, como la incineración de residuos, son contaminantes persistentes en el medio ambiente, en el que se encuentran ampliamente distribuidas a concentraciones muy bajas (Cobos, Hoyos, Aristizábal & Montes, 2004). Las dioxinas son compuestos que no han sido sintetizados por el hombre, no se encuentran en la naturaleza, no se fabrican a propósito, ni tampoco poseen una aplicación práctica (Frejo, Lobo, García & Díaz, 2011). Estos compuestos son estables hasta temperaturas muy elevadas, hay que llegar a más de 850°C para empezar a destruirlos; son no volátiles, poco biodegradables, insolubles en el agua y extremadamente

lipófilas, es decir que, una vez producidas son muy difíciles de transformar acumulándose en el tejido adiposo (Focant & De Pauw, 1999).

La dispersión global de las dioxinas, se produce principalmente por transporte atmosférico y en menor grado por corrientes oceánicas, por lo tanto, se encuentran a menudo en sedimentos, aguas residuales y cenizas (Araújo & De La Paz, 2013); por esta razón, es posible detectar las dioxinas en cualquier parte de la tierra, en los animales marinos y aun en el Ártico se les encuentra en bajas cantidades, en el Mar Báltico, se encuentran proporciones considerables de ellas y no se puede descartar que las dioxinas en interacción con otras moléculas sean responsables de deterioro de los ecosistemas. Las dioxinas, al contaminar el aire a través de partículas de combustión de materiales que contienen cloro, también contaminan los pastos y por esta vía, pasan a la leche (Prado, Carabias, Rodríguez & Herrero, 2002), la mayor parte de la exposición humana a las dioxinas se debe a la dieta (95% de la exposición total), particularmente en productos lácteos, pescado y carne, es decir, alimentos que contienen altas proporciones de lípidos (Kogevinas & Janer, 2000).

Las dioxinas son subproductos de procesos industriales, tales como la fundición, el blanqueo de la pasta de papel con cloro o la fabricación de algunos plaguicidas. En la liberación de dioxinas al medio ambiente, los grandes emisores suelen ser los incineradores de basuras (residuos sólidos y hospitalarios), debido a su combustión incompleta (Frejo-Moya et al., 2011). En Colombia, los procesos y las industrias de incineración se concentran en las ciudades como Cali con la firma constructora TKF, Bogotá y la sabana de Bogotá con la firma PROINDUL y Medellín con la firma PREMAC, las cuales representan más del 85% del mercado de incineración a nivel nacional. En cuanto a la incineración de

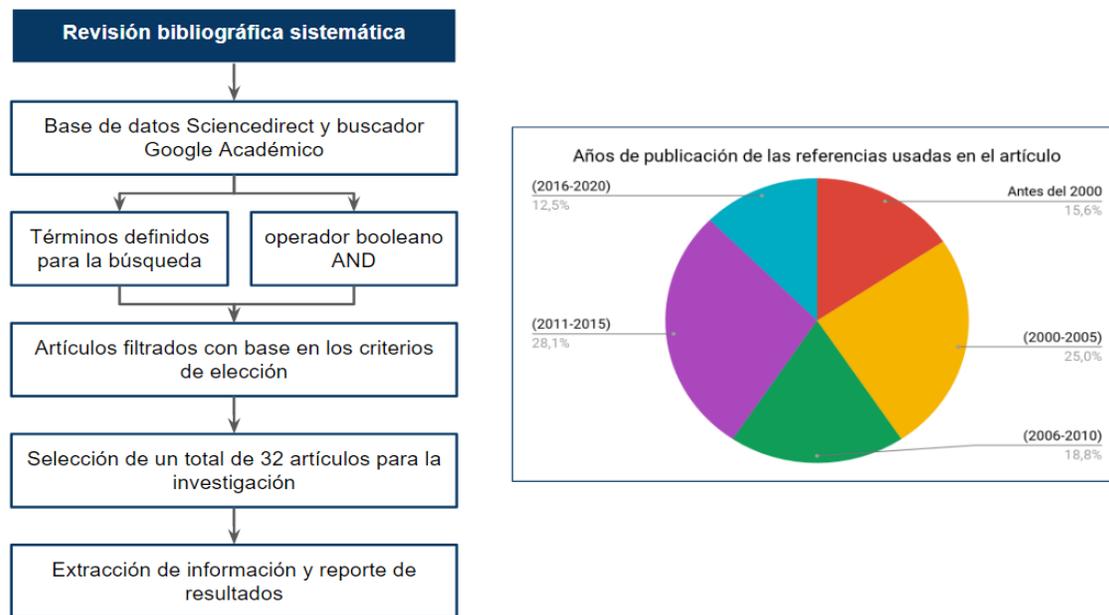
residuos hospitalarios se realiza de forma muy dispersa debido a que la mayoría de los hospitales cuentan con un pequeño incinerador. En el caso de los desechos de madera y biomasa, se cuentan con alrededor de 15 hornos ubicados en aeropuerto y seccionales del ICA ya que es la entidad encargada de decomisar productos agrícolas por requisitos fitosanitarios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2002).

Según un estudio diagnóstico realizado en el 2012, la principal fuente de emisión de dioxinas en Colombia es el proceso de combustión no controlada, que representaron el 58.68% dentro esta categoría se halla la quema de residuos agrícolas, los incendios forestales, los incendios accidentales y los incendios de botaderos como las principales fuentes. Para la incineración de residuos, el mayor aporte en las liberaciones al aire lo realiza la incineración de residuos hospitalarios. Las liberaciones totales al agua fueron de 20,01 g (EQT)/a, las principales fuentes fueron la producción de metales ferrosos y no ferrosos (García-Ubaque & Vaca-Bohórquez, 2012).

Materiales y métodos

Con el fin de conocer cuáles son las posibles afecciones a la salud provocadas por algunas actividades antrópicas, realizadas en Colombia, capaces de generar sustancias contaminantes como lo son las dioxinas, se realizó una revisión bibliográfica sistemática por medio de bases de datos como Medline, ScienceDirect, EBSCO y repositorios de revistas como Scielo, NCBI, Redalyc, el buscador Google Académico y la red social científica Research Gate, Ver Figura 1.

Figura 1. Revisión sistemática.



(Autores, 2020)

En primer lugar, se quiso obtener información de tal forma que se pudiera hacer un acercamiento de las actividades antrópicas, la naturaleza del compuesto, la cuantificación de la generación del contaminante, su estado físico y la ruta toxicológica. Para la obtención de esta información, se consultaron acerca de 11 referencias usando términos como “dioxinas”, “dioxins”, “toxicología”, Colombia”, “combustión”, “alimentos”, “food”, y “ruta” combinándolos entre sí con el operador booleano “AND”.

En segundo lugar, para profundizar en la búsqueda, se quiso conocer acerca de las vías de exposición humana a las dioxinas, la vida media en el ambiente y el organismo, la sintomatología y los biomarcadores asociados. Para esta segunda fase, se consultaron 13

referencias bibliográficas y se rescató información de 2 referencias que se habían encontrado en la primera fase, usando los términos “dioxinas”, “toxicología”, “cuadro clínico”, “biomarcadores”, “efectos”, “salud” y “alimentos”, de igual forma combinándolos entre sí junto con el operador booleano “AND”.

Finalmente, para dar información más contundente y reportar resultados más relevantes, se quiso hacer una búsqueda adicional de información acerca de la legislación aplicable a la generación de este tipo de compuestos y la relación con la salud pública, y para realizar esta búsqueda fina, se acudieron a 8 referencias nuevas.

Dentro de los criterios de selección de fuentes referencia, se escogieron artículos científicos, tesis de grado e información oficial reportada por organizaciones estatales. Además de esto, se hizo énfasis en el lugar de publicación seleccionando las fuentes bibliográficas reportadas en Colombia para hacer un acercamiento a la situación a nivel nacional, de tal forma que se usaron 11 referencias provenientes de diferentes partes del país lo que representa un 34,37% del total de las fuentes de información.

Resultados y análisis

Movimiento ambiental de las dioxinas

Las dioxinas son compuestos bastante estables, por lo que permanecen en el aire, el agua y el suelo de forma persistente, llegando a tolerar todos los procesos de degradación físicos y químicos (Baird & Cann, 2018). Éstas se originan y entran en contacto con el medio ambiente de forma natural o de forma antropogénica, ver Tabla 1. Considerando lo anterior, las dioxinas entran a la atmósfera en forma de vapores, aerosoles o partículas sólidas, recorriendo grandes distancias; escasamente estos compuestos se fotodegradan en la atmósfera, esto se debe a su relación inversa con el número de cloros de su molécula y su gran estabilidad frente al calor y a diversos compuestos fuertemente oxidantes, reductores, ácidos, básicos y agentes biológicos (Frejo-Moya et al., 2011).

Tabla 1. Clasificación de las fuentes de producción de dioxinas.

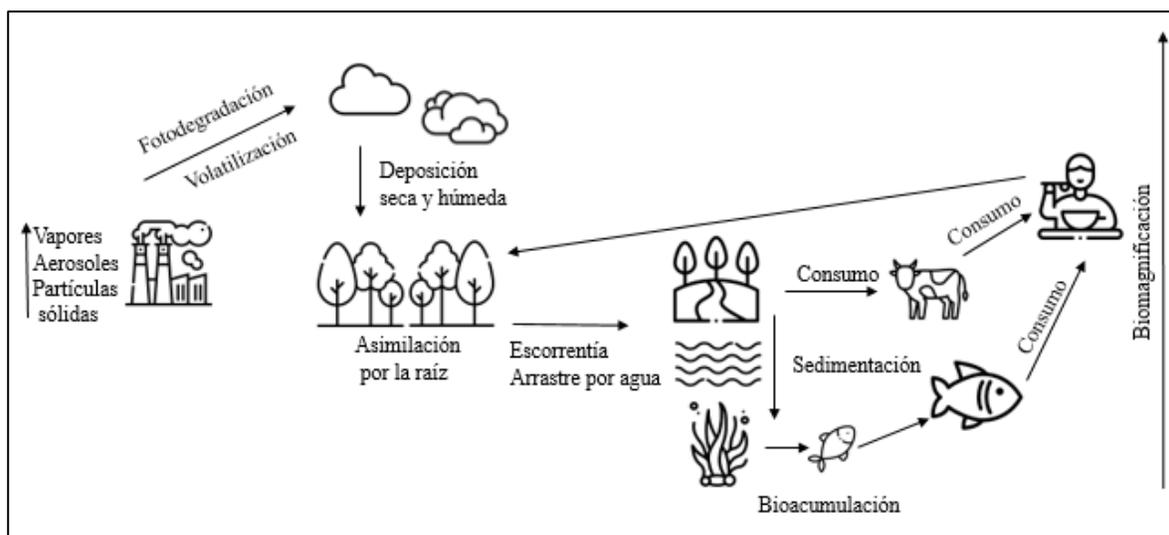
Origen Natural	
→ Incendios → Erupciones volcánicas → Reacciones enzimáticas → Reacciones fotolíticas	
Origen antropogénico	
<p>A. Procesos de combustión</p> <p>→ <u>Combustión a gran escala:</u> Incineradoras de residuos sólidos urbanos; incineradoras de residuos industriales; incineradoras de residuos hospitalarios; centrales térmicas que usan combustibles fósiles</p> <p>→ <u>Combustión a pequeña escala:</u> Motores de automóviles, calefacción doméstica, tabaco, barbacoas</p>	<p>B. Procesos químicos e industriales varios</p> <p>→ Fabricación de compuesto organoclorados</p> <p>→ Producción y reciclaje de metales</p> <p>→ Blanqueo de papel con cloro</p> <p>→ Producción electroquímica de cloro con electrodos de grafito</p> <p>→ Fabricantes de retardantes de llama</p> <p>→ Industria textil y tintas.</p>
<p>C. Accidentes</p> <p>→ Incendios de plásticos u organoclorados</p> <p>→ Incendios de explosión de transformadores con PCBs</p>	<p>D. Productos de desecho</p> <p>→ Lodos de depuradoras y potabilizadora</p> <p>→ Lixiviados de vertederos</p> <p>→ Aguas residuales domésticas</p>

Adaptada de Gorrachategui (2001).

A causa de lo anterior, las dioxinas viajan por el aire y se depositan sobre el agua o la tierra (Figura 2). En el agua, se unen a pequeñas partículas o al plancton, mientras que, en tierra las dioxinas se depositan sobre las plantas o se unen a las partículas del suelo (Baird & Cann, 2018; Frejo Moya et al., 2011; Gorrachategui, 2001).

Al encontrarse adheridas en un medio, las dioxinas son muy fáciles de ser consumidas y pasan desapercibidas por los animales, a través de su comida (bioconcentración) (Pinzón, 2010). Asimismo, las dioxinas se acumulan en el tejido adiposo de los organismos y las concentraciones aumentan a medida que pasan por la cadena alimenticia originando la biomagnificación, ver Figura 2.

Figura 2. Ciclo biogeoquímico de las dioxinas.



(Autores, 2020)

Las dioxinas llegan al suelo y plantas principalmente por deposición seca, la cual depende de las concentraciones de dioxinas en el aire; y por deposición húmeda por medio de la escorrentía. La mayor exposición medioambiental en el ser humano tiene lugar a través del consumo de alimentos (Baird & Cann, 2018; Frejo-Moya et al., 2011).

Exposición, toxicología ambiental y ruta toxicológica

Las dioxinas al ser sustancias que se absorben un 95% por vía pulmonar, 90% por vía oral y un 40% por vía dérmica, se distribuyen rápidamente por algunos órganos como hígado y tejidos adiposos, y gracias a su alta estabilidad y bioacumulación, persisten durante tiempos prolongados en estos, con una vida media de 7 a 11 años (Domínguez, 2014; Frejo-Moya et al., 2011).

Por otro lado, al ser un compuesto que posee la característica de ser altamente estable frente a la degradación, tiende a acumularse en el medio ambiente, persistiendo inalterado durante mucho tiempo con una vida media de aproximadamente 12 años en el material particulado del suelo, principalmente en zonas protegidas de la luz (Gallego et al., 2005; González, 1994).

Según M. Gorrachategui (2001) y Yassi, Kjellström, Kok, & Guidotti (2002), las principales vías de exposición humana a dioxinas se dan por tres factores diferentes: el primero es la exposición ocupacional, la segunda es la accidental y la tercera es la

exposición ambiental que abarca las dos anteriores debido a que es por medio del agua, aire o suelo que se transportan estos compuestos y se van acumulando.

El ingreso de las dioxinas al organismo de los seres humanos se da por medio de la inhalación de partículas del suelo contaminado a través del polvo, la absorción cutánea y el consumo de alimentos, el cual representa entre el 80 y 95% del ingreso de dioxinas al organismo representando un importante riesgo para la salud como lo afirman otros estudios. La carne de animales terrestres (principalmente provenientes de actividades pecuarias) e incluso los vegetales son fuentes de dioxinas para el ser humano, gracias a la capacidad de bioconcentrarse y bioacumularse incluso en productos animales como la leche o huevos (Augustowoska, et al., 2003; Cruz Carrillo, Moreno Figueredo, & Lara Osorio, 2010; Pinzón, 2010; Souza, 2004;).

Por tal motivo, en Países Bajos se ha determinado que la ingesta tolerable de dioxinas a través de alimentos es de 10 pg/ Kg peso día (Pinzón, 2010), es decir, de 84 a 128 pg (picogramos) de equivalentes tóxicos al día (TEQ), esta cantidad se determina por medio del desarrollo de sus efectos biológicos a través de un receptor celular llamado AhR el cual funciona de la siguiente manera: inicialmente, se da la unión de la Dioxina al receptor al interior del núcleo celular, este receptor funciona como un factor de transcripción asociado a la proteína Arnt (transferasa nuclear del receptor hidrocarburo aromático) activando una cadena de reacciones que finalmente conllevan a intervenir en la señalización del receptor del estrógeno y la estabilidad afectando el sistema endocrino, además de ello se da la formación del complejo TCDD-Ah-Arnt. Este complejo se une al ADN provocando una

alteración de genes que codifican la síntesis de enzimas que participan en el metabolismo de xenobióticos (Frejo-Moya et al., 2011).

Sintomatología por intoxicación

La intoxicación por dioxinas en el ser humano se relaciona con la exposición ocupacional, accidental o por consumo de alimentos con residuos (Cruz, Figueredo, & Osorio, 2010). Uno de los compuestos más tóxicos es el 2,3,7,8-TCDD con un DL50 comprendido entre valores de 0,6 µg/kg y 2,5 µg/kg para el cobaya, cuya especie es la más sensible; en el ser humano, una de las especies más resistentes, se cuenta con un DL50 promedio de 300 mg/kg, siendo muy tóxico para el hombre. Éste se absorbe por vía pulmonar, oral y dérmica, distribuyéndose hacia los órganos blancos que en este caso viene siendo el hígado y en general el tejido adiposo principalmente, siendo eliminado del cuerpo humano después de 7 años aproximadamente (Moya & Martí, 2006), por lo tanto, un tiempo de exposición prolongado puede llegar a ser crónico.

Una de las principales señales de intoxicación por 2,3,7,8-TCDD es el cloroacné, el cual se expresa mediante la desaparición de las glándulas sebáceas y la erupción de espinillas en la cara y el cuello, estas van acompañadas de pequeños quistes amarillo pálido, estos síntomas aparecen aproximadamente de 1-3 semanas después de la exposición. Otra de las señales de intoxicación es la elevación transitoria de los enzimas hepáticas durante el periodo agudo de la exposición, asimismo, la alteración del metabolismo de las porfirinas, dando lugar a alteraciones cutáneas tales como fotosensibilidad, pigmentación de la piel y

formación de vesículas en la misma; también se ha identificado la aparición de síntomas neuromusculares y sobre el sistema nervioso central tales como fatiga, defectos en la visión, mialgias, parestesias, ansiedad y agresividad, se ha identificado el aumento de padecer diabetes. (Cruz, Figueredo, & Osorio, 2010; Moya & Martí, 2006)

Según estudios realizados en poblaciones vietnamitas, la exposición a dioxinas causan disminución del crecimiento fetal, malformaciones y abortos espontáneos, asimismo, la exposición temprana puede alterar el aprendizaje y la conducta deteriorando el rendimiento mental; estudios en Quebec revelaron cambios importantes en el sistema inmune primeramente en los linfocitos ocasionando un incremento en el riesgo de padecer diferentes tipos cáncer (Cruz, Figueredo, & Osorio, 2010; Moya & Martí, 2006)

Biomarcadores y casos

Los biomarcadores tienen como objetivo desde la toxicología humana y ambiental la medición de la exposición a agentes xenobióticos que pueden producir enfermedades, además pretenden también predecir la posible respuesta tóxica (Arango, 2011). Desde el caso puntual de la detección de las dioxinas en los seres humanos (consecuencia de la ingestión de alimentos) los biomarcadores más utilizados son la sangre y la leche materna.

Cuando hablamos de los casos en Colombia, no se reportan casos de detección de dioxinas en alimentos y la legislación existente no regula de manera estricta la emisión al aire de

estas, sin embargo, el total de emisiones de dioxinas y furanos al 2010 fue de 945,50 g EQT/a (gramo de equivalente tóxico al año) y las principales fuentes son: la combustión no controlada con el 55,12% del total y la incineración de desechos con el 15,75%, los principales vectores de emisión son el aire con el 60,67% y los residuos con el 30,32%. El índice de emisión por habitante en Colombia (21,02 g EQ-T/a) es relativamente bajo comparado con países con niveles similares de desarrollo industrial (García-Ubaque et al., 2012).

Del mismo modo, dentro de las partículas monitoreadas en Colombia, se encontró que las concentraciones anuales de PM10 registradas en los puntos de monitoreo de Manizales cumplen con los límites anuales establecidos en la Resolución 610 de 2010, sin embargo, éstas exceden el límite establecido por la OMS. Adicionalmente, se midieron las concentraciones de dioxinas y furanos, las cuales registraron valores similares a los encontrados en zonas rurales y urbanas con influencia de actividades antropogénicas; como resultado se obtiene que la lluvia ácida en Manizales tiene un valor promedio de 4,9 unidades de pH (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2012).

Legislación internacional y nacional

A nivel mundial las dioxinas fueron incluidas en el Convenio de Basilea como un residuos que debe ser controlado, el objetivo del convenio pretende la regulación transfronteriza de desechos peligrosos estipulando obligaciones para el manejo de los mismos (UNEP, 1989), posterior a ello, las dioxinas también se incluyeron en el Convenio de Estocolmo como un

residuos no intencional el cual hace parte de los COP's que deben ser regulados mediante el desarrollo de medidas que prohíban a producción, utilización, importación y exportación de compuestos y operaciones que los generen (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2009).

A nivel internacional, la OMS (1990) y el Gobierno Canadiense propusieron una ingesta diaria tolerable (IDT) para las dioxinas de 10 picogramos/kg de peso vivo/día (pg/kg p.v./d), sin embargo, luego de diversos estudios en 1991 se evidenció que esta dosis fue reducida por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) luego de aplicar otra metodología para definir esta dosis. Esta agencia estableció una dosis de ingesta diaria de 6 fentagramos/kg de peso vivo (fg/kg/d) la cual resulta ser 1.670 veces inferior a la IDT de la OMS y de Canadá (Allsopp, 1994)

Por otra parte, en Colombia la legislación estipulada para las dioxinas se encuentra enfocada hacia las emisiones generadas por incineración de residuos sólidos en la Resolución 058 de 2002 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2002). Esta resolución fue modificada en el año 2007 por la Resolución 866 y posteriormente a la Resolución 909 de 2008. En esta última se rectifican los límites para le emisión de dioxinas a 0,5 ng-EQT/m³ para todas las fuentes fijas, además, estipula la metodología para su medición y las actividades que la generan como en la fundición de metales o incineradores (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2008).

Desde el enfoque de la legislación colombiana relacionada con las dioxinas y reconociendo como que la ingesta es la vía principal de exposición de las dioxinas, se identificó la Resolución 122 de 2012 la cual estipula el reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca para consumo humano e incluye a las dioxinas dentro de sus requisitos con un contenido máximo de 4,9 pg/peso fresco para estos productos (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012).

Sin embargo, en otro tipo de alimentos como carnes rojas, lácteos y productos agrícolas no se encontró legislación pertinente que estipule las concentraciones máximas permitidas de dioxinas, a pesar de que la Resolución 4506 de 2013 establece los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano, no contempla las dioxinas dentro de los contaminantes a evaluar (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)

Discusión

Como análisis de resultados, se puede considerar que las dioxinas representan un riesgo importante para la salud teniendo en cuenta que existen diferentes vías de exposición entre las cuales se destaca la ingesta de alimentos, en donde las dioxinas llegan a estos principalmente por bioacumulación y que además de esto, cabe resaltar que la vida media de estos compuestos es larga puesto que en el caso de la TCDD, se cifra entre 7 y 8 años. Las dioxinas se acumulan en el tejido adiposo, y se calcula que en aproximadamente 40

años (cinco vidas medias) se llega a un equilibrio dinámico entre la ingestión y la eliminación fecal (Kogevinas & Janer, 2000).

A partir de esto, surgió la necesidad de determinar la cantidad de ingesta de dioxinas tolerable para el ser humano, donde según Pinzón (2010), es de 10 pg/kg peso/día, mientras que según Kogevinas & Janer (2000) en el año 1998 la OMS recomienda no sobrepasar de 4 pg/kg peso/día, añadiendo que deberían realizarse todos los esfuerzos necesarios para conseguir un límite por debajo de 1 pg/kg peso/día. Debido a que los valores son lejanos, es necesario realizar un estudio para su debida regulación, puesto que estas elevadas cargas de compuestos tóxicos en el cuerpo pueden provocar problemas de reproducción y desarrollo, afectar el sistema inmunitario y el sistema hormonal, finalmente causando cáncer (Araújo & De La Paz, 2013). Es de gran importancia resaltar que la toxicidad de estas sustancias depende de la especie, sexo y edad de los organismos afectados (Herkovits, 2000).

La IARC es la agencia especializada de la OMS que realiza las evaluaciones de los agentes cancerígenos, dichas evaluaciones acaban clasificando los agentes en cinco categorías: 1 (cancerígeno humano), 2A (probablemente cancerígeno), 2B (posiblemente cancerígeno), 3 (evidencias inadecuadas/no concluyentes) y 4 (evidencias que indican que no es cancerígeno).

Las dioxinas estaban, en un principio, incluidas en la categoría 2B, pero en la reevaluación de 1997 se clasificaron en la categoría 1. Dicha evaluación se basa en evidencias «suficientes» (terminología utilizada por la OMS) en animales de experimentación,

«limitadas» en estudios epidemiológicos y en fuertes evidencias experimentales de un mecanismo de actuación similar en animales y en humanos (Kogevinas & Janer, 2000)

Los biomarcadores más utilizados para la detección de las dioxinas en los seres humanos son la sangre y la leche materna, considerando que estos se almacenan principalmente en el tejido adiposo, estos compuestos son excretados en la leche materna ampliando la exposición de estas sustancias durante el periodo de lactancia (Herkovits, 2000).

Según estudios realizados, se evaluó la relación entre la exposición prenatal y el tiempo de lactancia con la función tiroidea en los niños, en los cuales se obtuvieron resultados significativos en cuanto a las concentraciones de la leche materna y las concentraciones plasmáticas de las hormonas tiroideas. A partir de lo anterior se puede inferir que las dioxinas afectan en mayor magnitud a los niños debido a su elevada exposición, en placenta durante el embarazo y la lactancia, dado que la leche materna tiene un alto contenido de lípidos (Kogevinas & Janer, 2000).

El fortalecimiento de la regulación las dioxinas como compuestos altamente tóxicos es de gran importancia tanto en el mundo como en Colombia; la Comunidad Europea los regulan en procesos de incineración, vertimiento de aguas, traslado y eliminación de residuos, asimismo presentan los límites de ingesta máximos permisibles para el ser humano, mientras que en Colombia únicamente los regulan en procesos de combustión de fuentes fijas e ingesta de productos de pesca. Colombia cuenta con diferentes documentos que generan diferentes datos frente a la emisión de estos compuestos, entre ellos el Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Colombia, en donde se

demuestra que la mayor cantidad de liberación de dioxinas a la atmósfera se da por procesos de combustión no controlados (Araújo & De La Paz, 2013)

Conclusiones

Las dioxinas son un compuesto químico altamente tóxico por su alta movilidad en el medio ambiente, su persistencia en los diferentes componentes ambientales y se caracteriza como peligroso para dos poblaciones específicamente, niños en periodo de lactancia y adultos mayores, considerándose como población en alto riesgo por intoxicaciones por exposición a dioxinas por ingesta de alimentos contaminados.

A nivel de Colombia, se evidencio la falta de reportes directos de resultados de investigaciones científicas en salud ambiental respecto a ingesta de alimentos contaminados por dioxinas

La limitación que presenta la normatividad internacional y la legislación ambiental vigente para Colombia, no se consideran los límites máximos permisibles de dioxinas en alimentos, aun cuando estudios evidencian la acumulación de dioxinas en una amplia gama de alimentos como carnes, lácteos, entre otros.

Referencias

- Allsopp, M. (1994). *Cero dioxinas: Una estrategia de urgencia para la eliminación progresiva de las dioxinas* [Ebook] (pp. 5-8). Greenpeace España. Recuperado de https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1357/Cero_Dioxinas.pdf
- Arango, S. (2011). Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(1), 75–82. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v30n1/v30n1a09.pdf>
- Araújo, C., & De La Paz, J. (2013). *Evaluación de la contaminación atmosférica en el aire ambiente de Manizales por COPs y PM10* (Tesis de maestría) Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Augustowoska, K., Gregoraszcuk., E.L., Milewicz,T., Krzysiek, J., Grochowalski, A., Chrzaszcz, R. (2003). Effects of dioxin (2,3,7,8,-TCDD) and PCDDs/ PCDFs congeners mixtures on steroidogenesis in human placenta tissue culture. *Endocrine Regulations*. 11, (p.11–19). Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Ewa_Gregoraszczuk/publication/10616026_Effects_of_dioxin_2378-TCDD_and_PCDDsPCDFs_congeners_mixture_on_steroidogenesis_in_human_placenta_tissue_culture/links/0912f50741a3475db2000000/Effects-of-dioxin-2-3-7-8-TCDD-and-PCDDs-PCDFs-congeners-mixture-on-steroidogenesis-in-human-placenta-tissue-culture.pdf
- Baird, C., & Cann, M. (2018). *Química ambiental* (2nd ed.). Barcelona: Editorial Reverté.
- Cobo, M., Hoyos, A., Aristizábal, B. & Montes, C. (2004). Dioxinas y furanos en cenizas de incineración. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 32, 26–38. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/430/43003203.pdf>
- Carrillo, A. C., Figueredo, G. M., & Osorio, M. L. (2010). Toxicología de las dioxinas y su impacto en la salud humana. *Revista de Medicina Veterinaria*, (19), 73-84. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n19/n19a07.pdf>
- Focant, J. F., & De Pauw, E. (1999). Las dioxinas. *Mundo científico. Volumen* (206), 84-87.

- Frejo-Moya, M., Lobo Alonso, M., García Lobo, J., & Díaz Plaza, M. (2011). Dioxinas y medio ambiente. *Revista De Salud Ambiental*, 11(1-2), 52-63. Recuperado de <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/175>
- Rodríguez, M. E. G., Pérez, T. D. J. R., de Mendoza, M. H., Moreno, D. H., Rodríguez, F. S., & López, M. P. (2005). Las dioxinas en la producción animal: situación actual. *Producción animal*, 20(212), 19-31. Recuperado de <https://www.eweb.unex.es/eweb/toxicologia/Publis%20pdf%20Marcos/Dioxinas.pdf>
- García-Ubaque, C. A., & Vaca-Bohórquez, M. L. (2012). Emisión de dioxinas y furanos (PCDD/PCDF) en Colombia: evaluación y diagnóstico. *Tecnura*, 16, 194–206. Recuperado de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/download/6831/8415/0>
- González, J. R. (1994). Revisión bibliográfica sobre los efectos nocivos de la 2, 3, 7, 8-tetraclorodibenzo-p-dioxina en el medio ambiente. (Tesis de pregrado en biología). Universidad de Guadalajara, Mexico. Recuperado de http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2716/Ibarra_Gonzalez_Juan_Roberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gorrachategui García, M. (2001). Seguridad Alimentaria: Dioxinas. *Fedna*, 1(08), 189–215. Recuperado de http://www.adiveter.com/ftp_public/articulo1156.pdf
- Frejo Moya, M., Lobo Alonso, M., García Lobo, J., & Díaz Plaza, M. (2011). Dioxinas y medio ambiente. *Revista De Salud Ambiental*, 11(1-2), 52-63. Recuperado de <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/175/151>
- Kogevinas, M., & Janer, G. (2000). Dioxinas y salud. *Medicina Clínica*, 115(19), 740–748. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(00\)71679-4](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(00)71679-4)
- Herkovits, J. (2000). Efectos adversos de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) en el período perinatal: compuestos tipo dioxinas. *Arch. argent. pediatr*, 98(3), 182. Recuperado de https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2000/00_182_187.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2002). Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Colombia. Línea Base 2002. [Ebook]. Bogotá DC: MINAMBIENTE. Recuperado de: https://quimicos.minambiente.gov.co/images/quimicos/quimicos/Documentos/Dioxinas/inventario_dioxinas_y_furanos_linea_base_2002.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2008). Normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas. [Resolución 909 de 2008]. DO: 47051 Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527650/Resolucion+909+de+2008.pdf/a3bcd-f0d-f1ee-4871-91b9-18eac559dbd9>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2012). Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental. [Ebook]. Bogotá DC: MINAMBIENTE. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (26 de enero de 2012). Reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca. [Resolución 122 de 2012]. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0122-de-2012.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (30 de octubre de 2013). Niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano. [Resolución 4506 de 2013]. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-4506-de-2013.pdf>

Moya, M. T. & Martí, M.A. (2006). Cuadro clínico tóxico producido por dioxinas. *Medicina balear*, 21(2), 9-15. Recuperado de <http://www.medicinabalear.org/pdfs/Vol21n2.pdf#page=9>

Pinzón, L. D. (2010). Dioxina en los alimentos, riesgo en la salud de los consumidores. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1516>.

Unep. (1989). Basel Convention on the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal. Recuperado de <https://www.basel.int/portals/4/basel%20convention/docs/text/baselconventiontext-e.pdf>

Prado Flores, Guadalupe, Carabias Martínez, Rita, Rodríguez Gonzalo, Encarna, Herrero Hernández, Eliseo. (2002). Waste and pollutants in human milk. *Revista Española de Salud Pública*, 76(2), 121-132. Recuperado de

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272002000200007&lng=es&tlng=en.

Secretaría del convenio de Estocolmo (2009). Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Recuperado de: https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/treaties/es/unep-pop/trt_unep_pop_2.pdf

Souza, P.M. (2004). Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF) and polychlorinated biphenyls (PCB): main sources, environmental behaviour and risk to man and biota. *Química Nova*, 27(6), 934-943. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000600018>

Yassi, A., Kjellström, T., Kok, T. De, & Guidotti, T. L. (2002). *Salud Ambiental Básica*. (OMS, Ed.) (Primera). México D.F. Recuperado de http://www.pnuma.org/educamb/documentos/salud_ambiental_basica.pdf