

Plastificantes en el aire: ftalatos en PM_{2.5} y riesgos para la salud desde una perspectiva de género

Blanca Yessica Carreón Garabito^{1}, Violeta Mugica Álvarez¹, Mario Alfonso Murillo Tovar²*

¹División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco. ²Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

*Área de estudio: Química ambiental *Contacto: al2242800248@azc.uam.mx

Resumen

La exposición a ftalatos ha despertado preocupación debido a su capacidad para alterar el funcionamiento del sistema endócrino, afectando procesos hormonales y reproductivos. La evidencia científica indica que sus efectos pueden manifestarse de manera diferente entre hombres y mujeres, ya que existen variaciones biológicas, ocupacionales y sociales que influyen en los patrones de exposición. Las mujeres suelen presentar mayores niveles de exposición relacionados con el uso frecuente de productos de cuidado personal y permanencia en espacios interiores, mientras que en los hombres la exposición está asociada a determinadas actividades laborales. Este artículo presenta una revisión sobre las características de los ftalatos, su presencia en partículas PM_{2.5} y la importancia de incorporar la perspectiva de género en la evaluación y gestión de estos contaminantes emergentes.

Palabras clave: Ftalatos, PM_{2.5}, Disruptores endócrinos, Perspectiva de género.

Abstract

Phthalate exposure has raised concerns due to its ability to disrupt the endocrine system, affecting hormonal and reproductive processes. Scientific evidence indicates that its effects may manifest differently in men and women, as biological, occupational, and social variations influence exposure patterns. Women tend to have higher exposure levels due to frequent use of personal care products and time spent indoors, while exposure in men is associated with certain occupational activities. This article presents a review of the characteristics of phthalates, their presence in PM_{2.5} particles and the importance of incorporating a gender perspective into the assessment and management of these emerging pollutants.

Keywords: Phthalates, PM_{2.5}, Endocrine disruptors, Gender perspective.

1. Introducción

Inhalamos 14 kilogramos de aire diarios bajo la falsa seguridad de que solo respiramos oxígeno (Hall y Guyton, 2016), la realidad es que los contaminantes atmosféricos viajan con el aire, donde se encuentran distintas familias de compuestos químicos, que se desprenden de diversos productos, entre ellos una amplia variedad de sustancias presentes en la fabricación de uno de los materiales más ubicuos de la vida moderna: el plástico.

Entre esos compuestos se encuentran los ftalatos, sustancias que se emplean como aditivos en la elaboración de los plásticos (como el PVC), para que sean más flexibles y duraderos, llegando a constituir más de la mitad de su peso total (Adibi et al., 2003; Sokołowski et al. 2024). Además el uso generalizado de los ftalatos en productos de cuidado personal y de consumo conlleva a una importante exposición para la población en general, principalmente por ingestión, inhalación y contacto cutáneo (Meeker et al., 2009; Rudel et al. 2003). Se ha observado que estos compuestos forman parte de la compleja composición química de las partículas respirables con un tamaño menor a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$).

Se estima que la producción mundial de ftalatos se encuentra entre 6 y 8 millones de toneladas por año (Ehrampush et al., 2024; Waliszewski et al., 2002). A diferencia de otros componentes del plástico, estas sustancias no están químicamente ligadas a la matriz polimérica, lo que les permite desprenderse con el tiempo, dispersarse en el ambiente y alcanzar el aire que respiramos, adhiriéndose a las $PM_{2.5}$ (partículas que miden 20 veces menos que el diámetro de un cabello) respirables.

La presencia de estos plastificantes en las partículas $PM_{2.5}$ plantea un desafío emergente para la salud humana debido a que son tan pequeñas que al respirarse pueden llegar a lo más profundo de los pulmones (alvéolos) y de ahí transportarse a todo el organismo a través de la sangre.

La exposición a plastificantes puede provocar alteraciones en la actividad endocrina y el desarrollo reproductivo a través de diversos mecanismos biológicos, que pueden afectar diferentes niveles del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas/tiroides, desde efectos sobre los receptores hormonales hasta efectos sobre la síntesis, la secreción o el metabolismo de las hormonas (Meeker et al., 2009).

La exposición a los ftalatos no afecta de la misma manera a todas las personas; diversos estudios han señalado que existen diferencias en la respuesta biológica, por lo que el riesgo tiene una marcada perspectiva de género, por lo que, analizar las propiedades fisicoquímicas de los ftalatos y su comportamiento en $PM_{2.5}$, nos permite comprender su presencia ubicua en el ambiente, sus mecanismos de transporte y la exposición diferenciada entre hombres y mujeres.

2. ¿Qué son los ftalatos y por qué están en todas partes?

Los ftalatos son un grupo de sustancias químicas sintéticas que se utilizan desde hace casi un siglo para dar flexibilidad, resistencia y durabilidad a muchos productos plásticos. El término engloba a los ésteres y diésteres del ácido ftálico, una familia de compuestos que hoy se encuentran prácticamente en todas partes: en objetos de uso cotidiano, en el aire, agua, suelo y alimentos. Fueron sintetizados por primera vez alrededor de la década de 1920, su producción y uso se ha incrementado de forma notable con la expansión del cloruro de polivinilo (PVC), un material ampliamente empleado en la industria moderna. (Flaws et al., 2020; Wang y Qian, 2021; Weschler y Nazaroff, 2008).

Los ftalatos son compuestos orgánicos sintéticos poco solubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos. Se introducen en el medio ambiente durante la producción, el uso y la degradación, el envasado y el transporte de productos plásticos. Los ftalatos son

contaminantes del suelo, el agua, el aire, los sedimentos, la biota y los alimentos (Sokołowski et al., 2024).

La forma de su estructura química influye directamente en su comportamiento, en sus aplicaciones industriales y en su potencial impacto en la salud. Según la longitud de la cadena de hidrocarburos, los ftalatos se pueden dividir en dos grupos: de bajo peso molecular (LMW) y de alto peso molecular (HMW). Los ftalatos de LMW incluyen: ftalato de butilbencilo (BBP), ftalato de dibutilo (DBP), ftalato de dietilo (DEP) y ftalato de dimetilo (DMP). El ftalato de di-(2-etilhexil) ftalato (DEHP), ftalato de diheptilo (DHpP), ftalato de diisodecilo (DIDP) y ftalato de diisononilo (DINP) se consideran HMW. Los ftalatos de cadena corta (**Fig. 1**) se utilizan principalmente en disolventes, lubricantes, productos de cuidado personal, textiles, pinturas y adhesivos, mientras que los ftalatos de cadena larga (**Fig. 2**) se emplean sobre todo como plastificantes, ya que permiten que el PVC sea más flexible y resistente (Sokolowski et al., 2024; Guo et al., 2024; Wang y Qian, 2021).

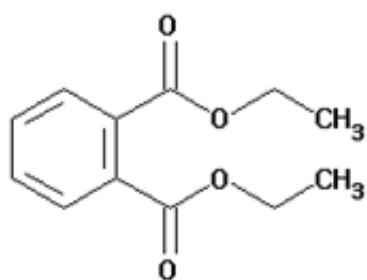


Fig. 1 Dietilftalato (DEP), Ftalato de cadena corta.

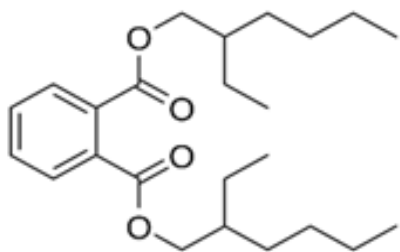


Fig. 2 Bis(2-etilhexil) ftalato (DEHP), Ftalato de cadena larga.

La cantidad de ftalatos añadida al plástico es considerable y puede representar una proporción importante del peso total del material, especialmente en artículos que requieren alta flexibilidad. Un aspecto clave es que estos compuestos no están químicamente unidos al plástico, lo que significa que pueden liberarse con el tiempo (Liu et al., 2019; Ma et al., 2020).

Los ftalatos son compuestos orgánicos que se pueden fugar hacia el aire, migran de manera continua desde productos plásticos de uso cotidiano hacia el aire que respiramos y se unen al plástico de forma relativamente débil mediante enlaces de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals. Por lo tanto, pueden liberarse fácilmente de los productos y migrar al entorno circundante durante los procesos de producción, uso y eliminación final. Por lo tanto, se han detectado ftalatos en diversos medios ambientales, como el agua, el aire, los sedimentos, los suelos, las plantas, los alimentos y las bebidas. (Zeng et al., 2017; Liu et al., 2019; Sokolowski et al., 2019; Weschler & Nazaroff, 2008; Wormuth et al., 2006). Esta vía de exposición no es neutral desde una perspectiva de género, ya que los patrones de uso de productos que contienen ftalatos tales como cosméticos, fragancias, productos de cuidado personal y artículos del hogar, difieren entre hombres y mujeres, lo que puede generar niveles de exposición diferentes. En la **Tabla 1** se presentan algunos ftalatos de uso industrial.

Una vez en la atmósfera, los ftalatos se distribuyen entre la fase gas y particulada, mostrando una mayor afinidad por las partículas finas PM_{2.5}, especialmente aquellos más pesados (Pankow, 1994; Xu et al., 2009). Esta asociación es particularmente relevante, ya que la inhalación de PM_{2.5} permite que estos compuestos alcancen regiones profundas del sistema respiratorio y entren al torrente sanguíneo, interactuando con sistemas hormonales que presentan respuestas

Tabla 1. Principales ftalatos de uso industrial

Compuesto	Abreviatura	Usos
Dietilhexil ftalato	DEHP	Plastificante
Dibutil ftalato	DBP	Esmaltes de uñas, Plastificantes, aditivos para adhesivos o tintas de impresión
Dietil ftalato	DEP	Cepillos dentales, partes automotrices, juguetes, empaques de comida, cosméticos
Di-isononil ftalato	DiNP	Plastificante
Di-iso-decil- ftalato	DiDP	Plastificante
Butilbencil ftalato	BBP	Plastificante
Di-isobutil ftalato	DIBP	Plastificante, adhesivo
Diocil ftalato	DnOP	Artículos para el hogar y productos para la construcción; aplicaciones alimentarias.

biológicas distintas entre mujeres y hombres.

En interiores, los ftalatos se acumulan en el polvo doméstico y pueden reincorporarse al aire mediante procesos de resuspensión asociados a la actividad humana, reforzando la exposición por inhalación (Fromme et al., 2004; Bornehag et al., 2005). Este mecanismo cobra especial importancia considerando que las mujeres, en muchos contextos socioculturales, pasan más tiempo en espacios cerrados o realizan actividades domésticas que incrementan la interacción con superficies y polvo contaminado, lo que podría traducirse en una mayor carga corporal de estos compuestos.

Adicionalmente, la liberación de ftalatos al aire puede intensificarse durante procesos de quema de residuos y degradación térmica de plásticos, generando emisiones que se asocian con aerosoles finos y favorecen su transporte atmosférico (Simoneit et al., 2005). La exposición a estas emisiones puede tener implicaciones diferenciadas en la salud

reproductiva y endocrina en la población expuesta.

3. Riesgos para la salud asociados a los ftalatos: una mirada desde la perspectiva de género

La evidencia científica muestra que los ftalatos, considerados disruptores endócrinos, no afectan a todas las personas de la misma manera. Las diferencias de género interactúan con factores sociales como la ocupación, el nivel socioeconómico, el origen étnico y el lugar de residencia, generando patrones de exposición y vulnerabilidad desiguales (Hliseníková et al., 2020).

El sistema endócrino consiste en una serie de glándulas que se distribuyen por todo el organismo, cada una de las cuales produce una o más hormonas. Estas hormonas son sustancias químicas naturales que se liberan al torrente sanguíneo y circulan por todo el cuerpo. Cuando llegan a un órgano diana, se unen a receptores específicos, desencadenando una respuesta parecida a

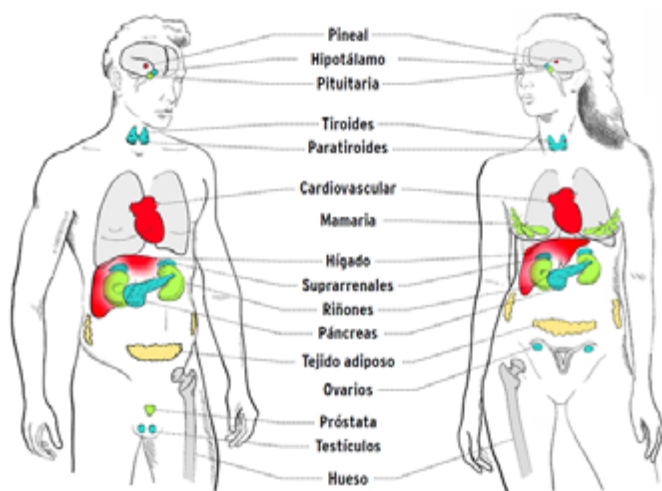


Fig. 3 Visualización del sistema endócrino en hombre y mujer. Fuente: Adaptada de Flaws et al., 2020.

la producción de otra hormona, un cambio en el metabolismo, una respuesta de comportamiento u otras, dependiendo de la hormona específica y su objetivo (Flaws et al., 2020).

El sistema endócrino funciona bajo los mismos principios fisiológicos en hombres y mujeres (ver **Fig. 3**); sin embargo, las variaciones en la regulación hormonal, la producción gonadal y la retroalimentación neuroendocrina generan diferencias relevantes en metabolitos al estrés, salud ósea, riesgo cardiovascular y enfermedades autoinmunes (Hall 2021; Flaws et al., 2020).

3.1 Efectos en mujeres

Las mujeres tienden a presentar mayores niveles corporales de metabolitos de ftalatos debido al uso frecuente de productos de cuidado personal (perfumes, maquillajes, cremas, esmaltes), mayor permanencia en espacios interiores (hogares, escuelas, centros de trabajo), donde los ftalatos liberados de materiales con PVC se acumulan en el aire y el polvo, exposiciones ocupacionales feminizadas como estéticas, peluquerías, guarderías, limpieza y atención en salud, además del uso de dispositivos médicos durante el embarazo o tratamientos prolongados. Estas exposiciones se intensifican en mujeres de bajo nivel socioeconómico, que suelen habitar viviendas con menor ventilación, materiales

más antiguos y cercanía a zonas de alta contaminación atmosférica (Zota et al., 2014; Wang y Qian, 2021).

Diversos estudios han asociado alteraciones hormonales como la disminución de estradiol, desregulación gonadotrópica, disminución de la reserva ovárica y alteraciones en la ovulación. Además de presentar un mayor riesgo de infertilidad, abortos espontáneos y menopausia temprana y una posible relación con el síndrome de insuficiencia ovárica prematura. Durante el embarazo, la inhalación de ftalatos representa un riesgo adicional, ya que estos compuestos pueden atravesar la placenta afectando tanto la salud materna como el desarrollo fetal (Zota et al., 2014; Sokołowski et al., 2023).

Algunas investigaciones han demostrado que mujeres pertenecientes a minorías étnicas presentan concentraciones más elevadas de metabolitos de ftalatos, lo cual se vincula con una mayor exposición ocupacional, menor acceso a productos libres de ftalatos y residencia en zonas urbanas con mayor carga de contaminación ambiental, desde esta perspectiva, la presencia de ftalatos refuerza inequidades estructurales en salud reproductiva (Adibi et al., 2003; Flaws et al., 2020).

3.2 Efectos en hombres

En los hombres existen grupos con alta exposición especialmente trabajadores de industria del plástico, construcción, automotriz, reciclaje y manufactura, ocupaciones con contacto constante con materiales de PVC, solventes y polvo industrial, poblaciones urbanas expuestas de forma crónica a altas concentraciones de partículas $PM_{2.5}$. En hombres de bajo nivel socioeconómico, la combinación de exposición laboral y ambiental incrementa significativamente la carga corporal de ftalatos (Liu et al., 2019; Flaws et al., 2020).

La evidencia indica que la exposición prenatal y temprana en varones se asocia con alteraciones

del desarrollo del sistema reproductor (criptorquidia, hipospadias), reducción de la distancia anogenital, marcador de exposición antiandrogénica y cambios hormonales que pueden afectar la pubertad (Hauser y Calafat, 2005; Hliseníková et al., 2020).

En adultos, la exposición crónica se ha vinculado con la disminución de la calidad del semen (motilidad y concentración), posibles alteraciones en el ADN espermático y riesgos potenciales para la fertilidad y la salud reproductiva a largo plazo, además de que hombres pertenecientes a minorías étnicas y trabajadores operacionales presentan, en promedio, mayores niveles de exposición debido a la mayor presencia de empleos de riesgo ambiental y menor protección laboral (Hliseníková et al., 2020; Flaws et al., 2020).

3.3 Efectos compartidos

La infancia y adolescencia son etapas críticas, la exposición a ftalatos puede alterar el inicio y progresión de la pubertad en niñas y niños, afectar el neurodesarrollo, con respuestas sexo-específicas en conducta, regulación hormonal y funciones cognitivas (Flaws et al., 2020).

En ambos sexos, la exposición crónica a ftalatos se ha asociado a mayor riesgo de obesidad, resistencia a la insulina y diabetes, además del incremento de asma, alergias y síntomas respiratorios, particularmente en poblaciones urbanas. Las mujeres pueden mostrar mayor impacto cardiometabólico relacionado con carga hormonal, mientras que en hombres se observa una mayor asociación con exposición ocupacional y respiratoria (Hall, 2021).

Los riesgos asociados a los ftalatos no pueden entenderse sin considerar las desigualdades de género, raza y ocupación. Las mujeres enfrentan una carga desproporcionada en términos hormonales y reproductivos, mientras que los hombres presentan riesgos vinculados a la fertilidad (Hliseníková et al., 2021; Flaws et al., 2020).

3.4 Implicaciones y prevención: hacia una gestión más equitativa del riesgo

El hecho de que los ftalatos afecten de forma distinta a las personas según su género, trabajo o contexto social nos obliga a transformar la manera en que entendemos y gestionamos las amenazas ambientales y sanitarias. La evidencia disponible responde a patrones estructurales de desigualdad, donde determinados grupos poblacionales, como mujeres, niñas y niños, trabajadores de ciertos sectores y comunidades urbanas vulnerables enfrentan una mayor carga de riesgo (Cauch, 2025).

La incorporación de la perspectiva de género en la evaluación de riesgos revela que las mujeres no solo están más expuestas a ciertos ftalatos, sino que también enfrentan consecuencias más severas en términos hormonales y reproductivos, especialmente durante el embarazo. A su vez, los hombres expuestos en contextos laborales o urbanos presentan riesgos importantes para su salud reproductiva y metabólica. Estas diferencias ponen en evidencia que las políticas ambientales basadas en promedios poblacionales pueden subestimar el riesgo real en grupos específicos (Cauch, 2025; Flaws et al., 2020).

4. Prevención desde el entorno: aire limpio y espacios seguros

Considerando que la inhalación es una vía crítica de exposición en las ciudades, cualquier estrategia de prevención efectiva debe centrarse en el mejoramiento de la calidad de aire. La reducción de emisiones de partículas finas, la regulación de materiales plásticos en espacios interiores y la vigilancia de contaminantes emergentes en $PM_{2.5}$, son acciones clave para disminuir la exposición crónica a ftalatos (Liu et al., 2019).

Es necesario promover medidas en espacios cerrados como hogares, escuelas y hospitales donde exista mejor ventilación y mantenimiento de interiores, sustitución progresiva de materiales con PVC por alternativas más

seguras, control de polvo doméstico, el cual actúa como reservorio de ftalatos. Estas medidas adquieren especial relevancia en contextos de desigualdad socioeconómica, donde las condiciones habitacionales suelen incrementar la exposición ambiental (Hauser y Calafat, 2005).

La prevención también implica fortalecer la información disponible para la población permitiendo decisiones más conscientes sobre el uso de productos que contienen ftalatos. El acceso a alternativas más seguras, el etiquetado claro y la regulación de productos de uso cotidiano son elementos clave para reducir la exposición. Además, es necesaria la gestión equitativa del riesgo mediante acciones estructurales, donde autoridades, industria y sociedad comparten la responsabilidad de reducir la presencia de estos contaminantes en el ambiente.

5. Conclusiones

Los ftalatos forman parte de una familia de compuestos químicos ampliamente utilizados en productos de consumo cotidiano y materiales plásticos que tienen la capacidad de desprenderse y transportarse en partículas finas $PM_{2.5}$, convirtiéndose en contaminantes atmosféricos de creciente preocupación. Su presencia en el aire representa una vía de exposición menos visible que la ingestión o el contacto dérmico, pero potencialmente relevante por la capacidad de estas partículas de alcanzar regiones profundas del sistema respiratorio e ingresar al torrente sanguíneo.

La evidencia científica disponible muestra que los efectos de los ftalatos sobre la salud no son uniformes en toda la población, factores biológicos, ocupacionales y sociales generan diferencias importantes en los patrones de exposición y vulnerabilidad entre mujeres y hombres, particularmente en relación con las funciones del sistema endócrino y reproductor. Esta perspectiva permite comprender que los riesgos asociados a estos contaminantes

no dependen únicamente de su toxicidad, sino también de las condiciones en las que las personas viven, trabajan y se desarrollan. Ante este escenario, resulta fundamental el monitoreo de contaminantes emergentes en el aire, promover alternativas más seguras a los plastificantes convencionales y desarrollar estrategias de prevención que consideren las desigualdades de género y las condiciones de vulnerabilidad social. Comprender cómo los ftalatos llegan al aire que respiramos es un paso necesario para diseñar políticas orientadas a proteger la salud humana y avanzar hacia entornos más seguros y sostenibles.

Referencias

1. Adibi JJ, Perera FP, Jedrychowski W, Camann DE, Barr D, Jacek R, Whyatt RM. Prenatal exposures to phthalates among women in New York City and Krakow, Poland. *Environ Health Perspect.* 2003 Nov;111(14):1719-22. Doi: [10.1289/ehp.6235](https://doi.org/10.1289/ehp.6235).
2. Bornehag CG, Lundgren B, Weschler CJ, Sigsgaard T, Hagerhed-Engman L, Sundell J. Phthalates in indoor dust and their association with building characteristics. *Environ Health Perspect.* 2005 Oct;113(10):1399-404. Doi: [10.1289/ehp.7809](https://doi.org/10.1289/ehp.7809).
3. Fromme, H., Lahrz, T., Piloty, M., Gebhart, H., Oddoy, A., Rüdén, H. Occurrence of phthalates and musk fragrances in indoor air and dust from apartments and kindergartens in Berlin. *Indoor Air*, 2004 14(3), 188–195. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00223.x>.
4. Hall, J. E. (2021). Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica (14ª ed.). Elsevier.
5. Hasan E. M. Abouee E., Arfaeina H., Soltanian Z., Ghorbanian M., Ghalehaskari S. Occurrence, distribution and risk assessment of phthalate esters in dust deposited in the outdoor environment of Yazd industrial park using Monte Carlo simulation. *Heliyon*.(2024). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37500>.
6. Hauser, R., Calafat, A. M. Phthalates and human health. *Occupational and Environmental Medicine*, (2005) 62(11), 806–818. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.017590>.
7. Hliseníková H., Petrovičová I., Kolena B., Šidlovská M., Sirotkin A., Effects and Mechanisms

of Phthalates' Action on Reproductive Processes and Reproductive Health: A Literature Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 6811. Doi: [10.3390/ijerph17186811](https://doi.org/10.3390/ijerph17186811).

8. Kashyap, D., Agarwal, T. Concentration and factors affecting the distribution of phthalates in the air and dust: A global scenario. *Science of The Total Environment*, (2018) 635, 817–827. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.158>.
9. Liu Y, Caiye Ji, Bo Fu, Yongxin Yu, Haofeng Liu Yaxing Shen. The cumulative characteristics of PAEs in PM_{2.5} in Changji, Northwest China, *Physical Geography*, (2019). Doi: [10.1080/02723646.2019.1672022](https://doi.org/10.1080/02723646.2019.1672022).
10. Meeker, J. D.; Sathyanarayana, S.; Swan, S. H. Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, (2009) 364(1526), 2097–2113. Doi: [10.1098/rstb.2008.0268](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0268).
11. Pankow, J. F. An absorption model of gas/particle partitioning of organic compounds in the atmosphere. *Atmospheric Environment*, (1994) 28(2), 185–188. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(94\)90093-0](https://doi.org/10.1016/1352-2310(94)90093-0).
12. Sokołowski A., Kończak M., Oleszczuk P., Gao Y., Czech B. Environmental and Food Contamination by Phthalic Acid Esters (PAEs): Overview. *Water Air Soil Pollut* (2024) 235:313. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07121-5>.
13. Simoneit, B. R. T., Medeiros, P. M., Didyk, B. M. Combustion products of plastics as indicators for refuse burning in the atmosphere. *Environmental Science & Technology*, (2005) 39(18), 6961–6970. <https://doi.org/10.1021/es050767x>.
14. Ventrice, P., Ventrice, D., Russo, E., De Sarro, G. Phthalates: European regulation, chemistry, pharmacokinetic and related toxicity. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, (2013) 36(1), 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2013.03.014>.
15. Wang, Y.; Qian, H. Phthalates and Their Impacts on Human Health. *Healthcare*, (2021) 9, 603. <https://doi.org/10.3390/healthcare9050603>.
16. Weschler, C. J., Nazaroff, W. Semivolatile organic compounds in indoor environments. *Atmospheric Environment*, (2008) 42(40), 9018–9040. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.052>.
17. Wormuth, M., Scheringer, M., Vollenweider, M., Hungerbühler, K. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? *Risk Analysis*, (2006) 26(3), 803–824. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00770.x>.
18. Xu Y, Cohen Hubal EA, Little JC. Predicting residential exposure to phthalate plasticizer emitted from vinyl flooring: sensitivity, uncertainty, and implications for biomonitoring. *Environ Health Perspect.* (2010) Feb;118(2):253–8. Doi: [10.1289/ehp.0900559](https://doi.org/10.1289/ehp.0900559).
19. Zeng, H.-H., Zhang, H.-X., Wu, X., Gu, H.-X., Zhang, L.-Z., Liu, Y.-Y., Zhao, X.-F., & Li, J.-H. Pollution levels and health risk assessment of particulate phthalic acid esters in arid urban areas. *Atmospheric Pollution Research*, (2017) 8(1), 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.08.009>.
20. Zota, A. R., Calafat, A. M., & Woodruff, T. J. Temporal Trends in Phthalate Exposures: Findings from the National Health and Nutrition Examination Survey, 2001–2010. *Environmental Health Perspectives*, (2014) 122(3), 235–241. <https://doi.org/10.1289/ehp.1306681>.