

Recibido: 23.02.2023 • Aceptado: 16.08.2024

Palabras clave: Plastificantes, xenobióticos, disruptores endocrinos, líneas celulares.

Amenaza silenciosa de los plastificantes a la salud

DANIEL A. TORRES GARCÍA
CIENCIAS EN BIOLOGÍA MOLECULAR, INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
daniel.torres@ipicyt.edu.mx
ANTONIO DE LEÓN RODRÍGUEZ
DIVISIÓN DE BIOLOGÍA MOLECULAR, INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
aleonr@ipicyt.edu.mx

¿Qué son los plastificantes?

La producción anual global de plásticos sólidos es de aproximadamente 300 millones de toneladas. En consecuencia, el uso de plastificantes ha incrementado exponencialmente, debido a que son compuestos que se agregan a los plásticos para darles propiedades que mejoren su funcionalidad, como flexibilidad y durabilidad. Los plastificantes se utilizan en una gran variedad de productos para la vida diaria, desde fibras textiles; de construcción como papel tapiz, pinturas, adhesivos; hasta del hogar como velas y detergentes. Además de contenedores de alimentos; de higiene personal como champú, lociones, esmalte para uñas, además de juguetes y cosméticos. En cuanto a los artículos para bebés, se encuentran en biberones, chupones y mordederas. En hospitales se utilizan en equipos médicos, como artículos para intubación, transfusiones y en procedimientos como diálisis y hemodiálisis.

Los ftalatos son el grupo de plastificantes más importante y su uso es extenso, representando el 65 % del consumo global. Sin embargo, los ftalatos pueden desprenderse fácilmente de los productos que los contienen durante los procesos de manufactura, almacenamiento y, más importante, durante su uso. Esta separación sucede debido a que no están unidos a la matriz del plástico mediante enlaces químicos fuertes. Debido a esta migración, los ftalatos se han encontrado en el medio ambiente, tanto en agua como en el suelo, considerándoseles contaminadores emergentes. En nuestro grupo de trabajo, el Laboratorio de Bioingeniería y Biotecnología Molecular del IPICYT, se utilizó un consorcio de bacterias con la capacidad de consumir ftalatos, lo que podría emplearse como método para la remoción de estos compuestos en afluentes contaminados (Pereyra Camacho, *et. al.*, 2021).

¿Cómo estamos en contacto los seres humanos con los ftalatos?

El ser humano está expuesto a los ftalatos a través de la ingesta de alimentos y agua contaminados, al contacto con productos de higiene suplementos nutricionales o medicamentos cuyas cápsulas estén hechas de ftalatos, y al ser hospitalizados, ya que la mayoría del material

utilizado por ejemplo, al intubar, o canalizar, está hecho con plástico. Los ftalatos que las personas consumen se metabolizan principalmente en el hígado; es decir, la molécula se descompone en moléculas más pequeñas o menos complejas, llamadas metabolitos para que el cuerpo pueda eliminarlos, primordialmente en la orina. Esto ha permitido realizar estudios que analizan la presencia de metabolitos de ftalatos en la orina de seres



Figura 1.
Los productos para bebés como mamilas y mordederas pueden contener ftalatos.

humanos y se han encontrado hasta en 80 % de la población de Estados Unidos. Por otro lado, en México, se han llevado a cabo estudios, sobre todo en mujeres y recién nacidos, donde se han encontrado en mayor o menor medida, ftalatos en la orina de todos ellos.

En décadas recientes, países desarrollados han establecido normas y leyes para limitar el contacto humano con los plastificantes, o bien, determinar la cantidad máxima que un alimento o bebida puede contener. En el grupo de trabajo se midió la concentración de estos compuestos en bebidas alcohólicas, especialmente mezcales y tequilas (Balderas-Hernández, *et. al.*, 2020). Además, se midió la concentración de estos compuestos en alimentos empacados, como leches y atunes.

¿Cuál es la importancia del estudio y su delimitación?

En décadas pasadas, se observó que ciertos compuestos poseen efectos biológicos debido a que su estructura química se parece a la del estrógeno, una hormona sexual predominantemente femenina. Las hormonas son moléculas por medio de las cuales nuestras células y órganos se comunican entre sí. Por ejemplo, a través de estos compuestos, nuestro estómago le comunica al cerebro que tenemos hambre, otra provoca sueño en las noches. También son responsables de la aparición de caracteres sexuales secundarios, como cambios en la voz, aparición de vello corporal más grueso y largo en los hombres, así como desarrollo de las glándulas mamarias y la acumulación de grasa en caderas y muslos en la mujer.

Como se mencionó, los ftalatos se parecen estructuralmente a las hormonas conocidas como estrógenos. Debido a este parecido, los ftalatos pueden activar procesos fisiológicos que, por lo general, están regulados por nuestro cuerpo, provocando un desbalance hormonal, por lo que se les nombró disruptores endocrinos u hormonales.

Entre los efectos descritos para los ftalatos, se observan enfermedades del sistema reproductivo, como la disminución de la calidad del esperma. Otro blanco de los ftalatos son las enfermedades cardiovasculares, pues hay relación entre su ingesta con la hipertensión arterial crónica, que puede provocar daños a órganos como los riñones. También se asocia su ingesta con la aparición de aterosclerosis, que es la inflamación crónica de los vasos sanguíneos debido a la acumulación de tejido fibroso y grasa en las paredes arteriales. Esto puede generar daños estructurales, así como engrosamientos y endurecimientos con el adelgazamiento subsecuente de los vasos sanguíneos.

Nuestro grupo de trabajo ha estudiado el efecto de los ftalatos en el contexto celular, Gutiérrez García *et.al.*, en 2019 observaron el efecto del tratamiento con ftalatos en un cultivo de células troncales hematopoyéticas provenientes de la sangre del cordón umbilical de recién nacidos. Estas células tienen la capacidad de multiplicarse y convertirse en cualquier tipo de célula sanguínea, por lo cual su trasplante se utiliza como tratamiento de enfermedades sanguíneas como leucemia y padecimientos autoinmunes. El estudio reveló que los ftalatos afectaban tanto la capacidad de las células para multiplicarse, como su cualidad para diferenciarse o convertirse en distintos tipos celulares.

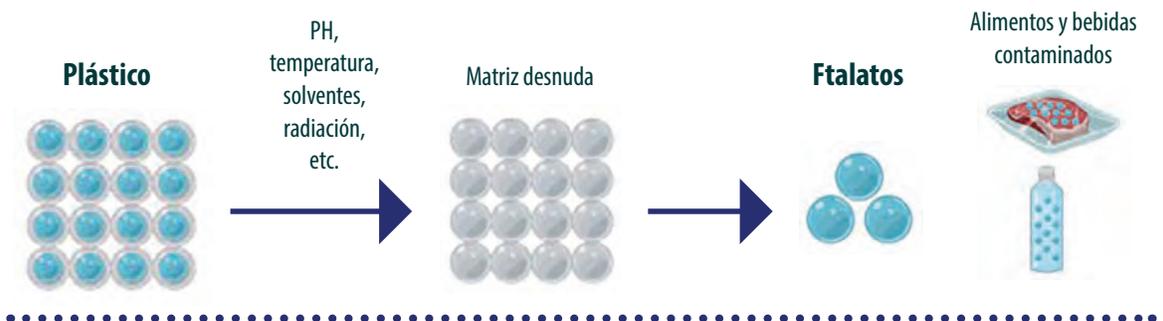


Figura 2. Mecanismo por el cual los ftalatos pueden contaminar bebidas y alimentos.

Egresado de la Licenciatura de Médico Cirujano Dentista por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Actualmente, estudiante del Doctorado en Ciencias en Biología Molecular en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), llevando a cabo investigación sobre la Determinación de los efectos citotóxicos y en la expresión genética de los plastificantes en una línea celular vascular endotelial humana.



Otra herramienta que se emplea para estudiar el efecto tóxico-biológico de compuestos o moléculas es el establecimiento de líneas celulares procedentes de muestras de tejidos cancerosos, es decir, se aíslan células malignas que se multiplican de manera incontrolada y se les aplican compuestos de interés, como los ftalatos, para evaluar sus efectos biológicos. Esto permite observar si los compuestos las destruyen, las hacen dividirse más, o bien se puede ver cómo se afecta la manera en que sus genes y mecanismos celulares se modifican.

El uso de estas líneas celulares es necesario, ya que las células humanas normales se dividen de manera habitual. Sin embargo, cuando este proceso se desregula, puede dar lugar a enfermedades como el cáncer.

El grupo de trabajo cuenta con una variedad de líneas celulares, y el estudio más reciente se centra en los efectos que tienen diversos ftalatos sobre células endoteliales humanas, mismas que conforman los vasos sanguíneos. Hasta el momento, se ha observado que los ftalatos afectan la viabilidad o vitalidad de las células, además de provocar la formación de especies oxidantes, que son moléculas dañinas para múltiples estructuras de la célula como el ADN y proteínas. También se encontró que los ftalatos afectan la manera en que los genes de estas células funcionan, pues estos actúan como un manual de instrucciones que las células poseen para realizar sus mecanismos y funciones. Debido a la evidencia presentada sobre los ftalatos, otros países han prohibido o limitado su uso, al tiempo que se han desarrollado nuevos compuestos plastificantes sin efectos dañinos, como citratos o tereftalatos. En la mayoría de los supermercados, se pueden encontrar productos plásticos con etiquetas que indican que son libres de ftalatos. Entre otras medidas recomendables, está la de no someter los artículos plásticos al calor, ya que esto favorece la migración de los ftalatos a los alimentos, por

ejemplo, al usarlos en el microondas o dejar botellas desechables de agua en el sol. Limitar el contacto con plastificantes es una tarea complicada, pues el plástico está presente en gran medida en la vida moderna. Por lo regular, las concentraciones encontradas en los seres humanos suelen estar por debajo de las tolerables, por lo que probablemente no alcancen a dañar la salud, pero aun así es recomendable tratar de limitar la exposición a éstos.

Agradecimientos

Al Dr. Víctor E. Balderas Hernández del Instituto Potosino de Investigación

Científica y Tecnológica A.C. por su apoyo en la revisión del manuscrito.

Se agradece al apoyo parcial del programa CONACyT Problemas Nacionales 4601. **LP**

Referencias bibliográficas:

- Balderas-Hernández, V. E., Ornelas-Salas, J. T., Barba de la Rosa, A. P., & De Leon-Rodríguez, A. (2020). Diminution of migration of phthalic acid esters in tequila beverage by the year of production. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 55(2), 148–154. <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1674103>
- <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03601234.2019.1674103?journalCode=lesb20>
- Gutiérrez-García, A. K., Flores-Kelly, J. M., Ortiz-Rodríguez, T., Kalixto-Sánchez, M. A., & De León-Rodríguez, A. (2019). Phthalates affect the in vitro expansion of human hematopoietic stem cell. *Cytotechnology*, 71(2), 553–561. <https://doi.org/10.1007/s10616-019-00300-x>
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s10616-019-00300-x>
- Pereyra-Camacho, M. A., Balderas-Hernández, V. E., & De Leon-Rodríguez, A. (2021). Biodegradation of diisononyl phthalate by a consortium of saline soil bacteria: optimisation and kinetic characterisation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(8), 3369–3380. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11255-5>
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-021-11255-5>