

# Los contaminantes ambientales pueden alterar el comportamiento social

Carolina **Miller Pérez**  
Martha **León-Olea**

La neurociencia social es una rama de las neurociencias cognitivas. Las bases biológicas que condicionan nuestras actitudes y comportamientos tienen su origen en las interacciones entre el sistema nervioso, el sistema endocrino y la genética. El medio ambiente puede intervenir de manera significativa en estos tres sistemas modificando sus respuestas mediante la plasticidad, la adaptación y la epigenética.

El estudio de las bases neurobiológicas (neuronales, neuroendocrinas, genéticas y ambientales) es esencial para comprender la complejidad del comportamiento humano y los principios fundamentales de las relaciones cerebro-conducta. La dominancia social, la agresión, las conductas afiliativas como el cuidado materno y las alianzas sociales (Wacker y Ludwig, 2012) tienen sustratos neurohormonales y fisiológicos diversos; por ejemplo, se ha demostrado que los niveles de serotonina y las hormonas oxitocina (OT) y vasopresina (VP) están relacionados. La oxitocina se considera un mediador neuroquímico prosocial, y la serotonina facilita conductas antisociales relacionadas con la interacción en ambientes adversos.

La oxitocina y la vasopresina son neuropéptidos que se producen principalmente en los núcleos supraóptico

(SON) y paraventricular (PVN) del hipotálamo. Ambos se almacenan en la hipófisis posterior y se liberan a la circulación sanguínea. Estos nonapéptidos se han mantenido casi sin variación a través de la escala zoológica a lo largo de más de dos millones de años de evolución.

Las funciones más conocidas de la vasopresina son mantener la homeostasis del agua y los electrolitos y la presión arterial. Las funciones principales de la oxitocina son la estimulación de la contractilidad uterina, promover la eyección de la leche durante la lactancia y participar en el comportamiento reproductivo. Se sabe que ambas hormonas participan en el comportamiento social de los mamíferos, actúan como reguladores en el desarrollo del cerebro social y participan en las conductas sociales tanto en la infancia como en la edad adulta. Además, tienen un papel importante en los trastornos neuropsiquiátricos caracterizados por deterioro de la cognición social: comportamiento social, memoria social, reconocimiento social y regulación de las conductas afiliativas en mamíferos.

#### **FACTORES AMBIENTALES QUE PUEDEN AFECTAR LOS SISTEMAS DE VASOPRESINA Y OXITOCINA**

Además del ambiente social que influye en los sistemas que regulan el comportamiento social, la composición química del medio ambiente tiene efectos importantes sobre estos sistemas.

Los contaminantes ambientales son un problema de salud pública que afecta a las poblaciones humanas en todo el mundo.

Entre estos contaminantes, los más tóxicos son los metales pesados como el plomo y el mercurio, así como el plaguicida diclorodifeniltricloroetano (DDT), el bisfenol A (BPA) y los compuestos organohalogenados, entre ellos los retardantes de flama (León-Olea *et al.*, 2014).

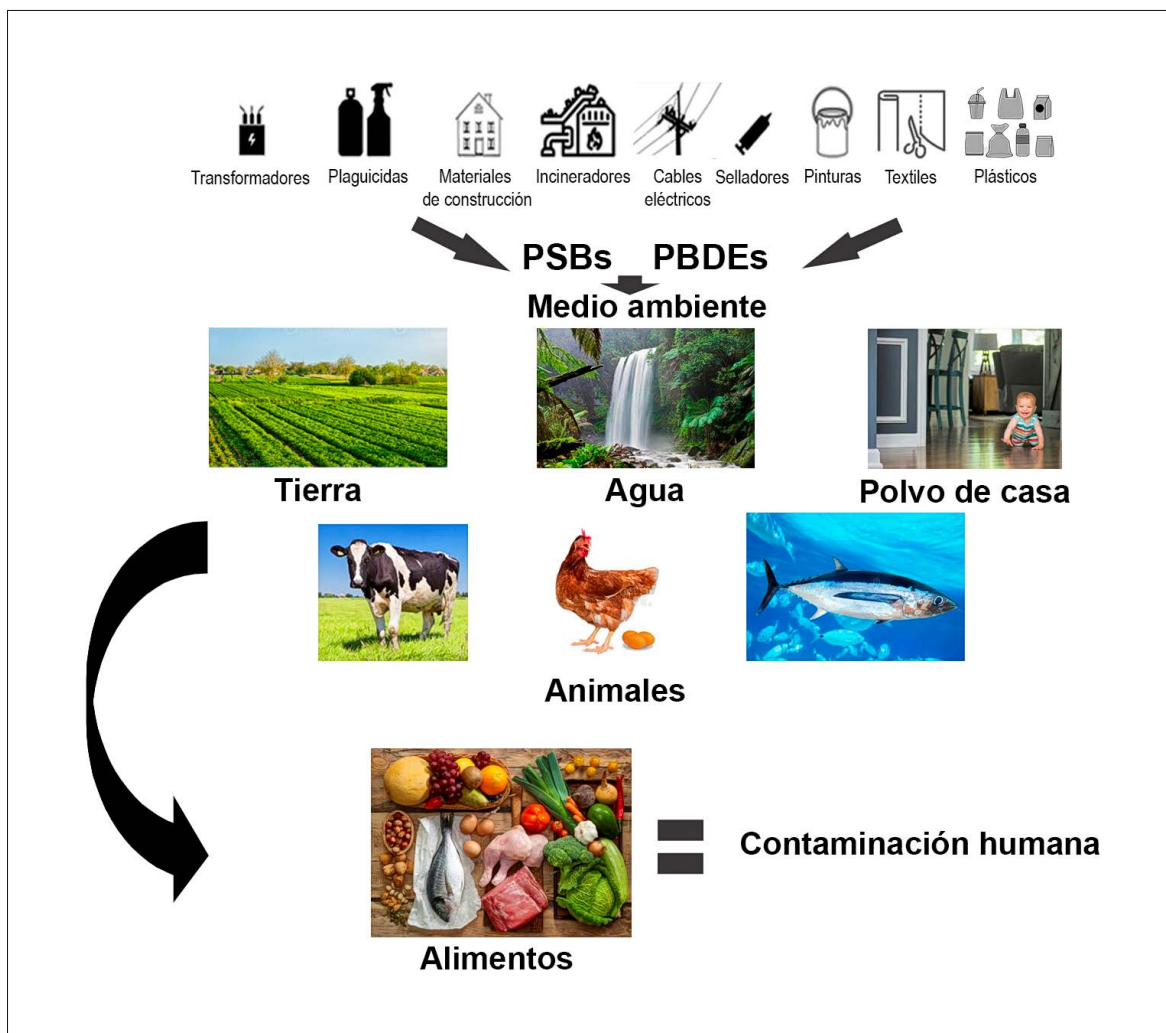
El BPA se encuentra en compuestos sintéticos utilizados para la producción de plásticos de polycarbonato y resinas epóxicas, y se ha utilizado en la producción de plásticos desde la década de 1950.

La exposición a este tóxico durante el desarrollo interfiere con las vías de señalización de estrógenos, oxitocina y vasopresina, y altera las vías de señalización críticas para la organización y transmisión sináptica en el cerebro (Arambula *et al.*, 2017).

El DDT, ampliamente distribuido a nivel mundial, es considerado un disruptor endocrino. Afecta la producción de oxitocina y vasopresina y se ha relacionado con problemas de obesidad. Se describió una correlación entre la exposición a DDT y el porcentaje de obesidad entre la población. Además, está vinculado con diversos tipos de cáncer, como el de mama (Safe, 2020).

Otros disruptores endocrinos son los compuestos halogenados que se han utilizado ampliamente como retardantes de flama, como los bifenilos policlorados (PCB) y los polibromados, entre ellos los éteres difenilos polibromados (PBDE). Estos compuestos se usan como aditivos en infinidad de productos de uso cotidiano, como textiles, plásticos, aparatos electrónicos y esponjas de poliuretano, entre muchos otros. Debido a su persistencia, su acumulación en el organismo, su transporte de largo alcance en la atmósfera y su toxicidad, se consideran contaminantes orgánicos persistentes. Son lipofílicos, por lo que se encuentran en el tejido adiposo, los tejidos que contienen lípidos (como el sistema nervioso) en la sangre, en la leche materna, y pueden atravesar la barrera placentaria (León-Olea *et al.*, 2023). La dieta (pescado, huevo, pollo, res, entre otros) y el polvo de casa son las vías principales de contaminación humana, aunque también están en el agua y el aire (Figura 1).

Los niños de cero a dos años son los más expuestos a este tipo de contaminantes ya que, por sus hábitos, que incluyen el juego y la conducta exploratoria, están más en contacto con el polvo doméstico, además de tener un índice proporcional de grasa más alto, lo que conlleva a niveles más elevados de estos tóxicos. Estos contaminantes afectan a los sistemas hormonales, entre ellos el tiroideo, el gonadal, el vasopresinérgico y el oxitocinérgico (León-Olea *et al.*, 2023). Tanto el plomo como los PCB y los PBDE, alteran la producción de otros mensajeros en el sistema nervioso que



**Figura 1.** Representación de los productos industriales y de consumo humano que contienen y liberan compuestos organohalogenados, como los PCBs y PBDEs. Se muestran también las principales fuentes de transporte ambiental (agua, tierra y aire), la contaminación en los seres vivos, la bioacumulación y la biomagnificación hasta los alimentos de consumo humano.

participan en la regulación de estos sistemas hormonales, y también en funciones como la memoria y el aprendizaje.

En investigaciones de nuestro grupo, demostramos que la exposición perinatal a los PCB y PBDE afecta el sistema vasopresinérgico y oxitocinérgico en la rata. Al exponer a las ratas a un estímulo osmótico como la deshidratación, a los 3 y 10 meses de edad, los animales no presentan la respuesta osmorregulatoria, alterando la homeostasis hídrica (Mucio-Ramírez *et al.*, 2017; Álvarez-González *et al.*, 2020).

También se altera el comportamiento materno, el aprendizaje, la memoria y la conducta sexual (Cromwell *et al.*, 2007; Garduño-Gutiérrez *et al.*, 2023). Estos efectos son crónicos, ya que persisten en la edad

avanzada. Los niveles de los PCB y PBDE están asociados con un mayor riesgo de desarrollar hipertensión y una mayor incidencia de obesidad. Además, los PCB se asociaron con problemas de aterosclerosis coronaria, insuficiencia cardíaca y diabetes tipo 2, entre otros.

Estudios recientes sugieren que el autismo es causado por interacciones complejas entre factores genéticos y contaminantes ambientales como los PCB. Algunos autores reportan que altos niveles de PCB-95 (3-15 ng/g de lípidos) se asocian con alteraciones en la región cromosómica 15q11-13 (en donde se codifica el receptor de la oxitocina),

asociadas con el trastorno autista. El DE-71 (mezcla comercial de penta-PBDEs) puede alterar el sentido del olfato y la memoria de reconocimiento. En pacientes con estrés postraumático, otros padecimientos psiquiátricos y niveles altos de contaminantes ambientales, se han encontrado alteraciones en los genes, principalmente por metilación.

Sería imposible comprender el origen del comportamiento social sin conocer los sistemas neurobiológicos y cómo afectan o modulan el comportamiento. A nivel fisiológico, la regulación del comportamiento afiliativo debe explorarse para cada especie, reconociendo la importancia de la diversidad de los mecanismos neurales en la cognición social. Los modelos animales se utilizan para comprender el comportamiento humano, ya que permiten una investigación más rigurosa de la neurobiología de dicho comportamiento. Sin embargo, se requiere especial cuidado en la interpretación de los resultados de estudios neurobiológicos de comportamientos simples que han utilizado modelos animales para explicar comportamientos humanos sociales complejos.

Un factor que no debe pasar desapercibido es la contaminación ambiental. La exposición crónica a bajas concentraciones de múltiples neurotoxinas ha creado una pandemia silenciosa de trastornos del desarrollo neurológico, asociados con patologías como el espectro autista y los trastornos por déficit de atención. Hay un aumento significativo en la prevalencia de los trastornos del espectro autista en los últimos años. En México, las estimaciones revelan un aumento anual del 17 %, mientras que en España el número de casos ha aumentado un 40 % en los últimos 30 años.

Esto sugiere que los cambios en la prevalencia pueden derivarse de la exposición a contaminantes ambientales, incluidos pesticidas, productos químicos y metales pesados. Estos datos indican que debe promoverse el estudio de los factores que contribuyen a los trastornos psiquiátricos y que tienen impacto en la salud pública, particularmente los contaminantes ambientales como los mencionados en este trabajo.

## REFERENCIAS

Alvarez-Gonzalez MY, Sánchez-Islas E, Mucio-Ramirez S, de Gortari P, Amaya MI, Kodavanti PRS and León-Olea M (2020). Perinatal exposure to octabromodiphenyl ether mixture, DE-79, alters the vasopressinergic system in adult rats. *Toxicol Appl Pharmacol*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.taap.2020.114914>.

Arambula SE, Jima D and Patisaul HB (2017). Prenatal bisphenol A (BPA) exposure alters the transcriptome of the neonate rat amygdala in a sex-specific manner: a CLARITY-BPA consortium study. *Neurotoxicology* 65: 207-220. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2017.10.005>.

Garduño-Gutiérrez R, Rodríguez-Manzo G, Velázquez-Alvarado A, Miller-Pérez C and León-Olea M (2023). The endocrine disruptor DE-79 alters oxytocinergic transmission and sexual behavior expression in male rats. *Toxicol Appl Pharmacol*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.taap.2023.116723>.

Cromwell HC, Johnson A, McKnight L, Horinek M, Asbrock C, Burt S, Jolous-Jamshidi B and Meserve LA (2007). Effects of polychlorinated biphenyls on maternal odor conditioning in rat pups. *Physiol Behav* 91(5):658-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.03.029>.

León-Olea M, Martyniuk CJ, Orlando EF, Ottinger MA, Rosenfeld C, Wolstenholme J and Trudeau VL (2014). Current concepts in neuroendocrine disruption. *Gen Comp Endocrinol* 203C:158-173. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2014.02.005>.

León-Olea M, Alvarez-Gonzalez MY, Mucio-Ramirez S, Sánchez-Jaramillo E and Sánchez-Islas E (2023). Chapter Six - Neuroendocrine effects of brominated flame retardants, focused on polybrominated diphenyl ethers. In: Prasada Rao S, Kodavanti, Michael Aschner, Lucio G. Costa (Eds.), *Advances in Neurotoxicology* (Volume 10, pp. 209-277), Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.ant.2023.08.001>.

Mucio-Ramírez S, Sánchez-Islas E, Sánchez-Jaramillo E, Currás-Collazo M, Juárez-González VR, Álvarez-González MY, Orser LE, Hou B, Pellicer F, Kodavanti PRS and León-Olea M (2017). Perinatal exposure to organohalogen pollutants decrease vasopressin content and its mRNA expression in magnocellular neuroendocrine cells activated by osmotic stress in adult rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 329:173-189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.taap.2017.05.039>.

Safe S (2020). Recent advances in understanding endocrine disruptors: DDT and related compounds. *Fac Rev* 12:9-7. DOI: <https://doi.org/10.12703/b/9-7>.

Wacker DW and Ludwig M. (2012). Vasopressin, oxytocin, and social odor recognition. *Horm Behav* 61:259-265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2011.08.014>.

**Carolina Miller Pérez**  
**Martha León-Olea**  
**Instituto Nacional de Psiquiatría**  
**Ramón de la Fuente Muñiz**  
**[marthalo@inprf.gob.mx](mailto:marthalo@inprf.gob.mx)**