



doi: 10.4321/s0465-546x2026000100001

Editorial

Más allá de la ciencia del daño a la salud humana: la evolución de la toxicología y su impacto en la salud pública

Beyond the science of harm to human health: the evolution of toxicology and its impact on public health

M^a Begoña Martínez-Jarreta^{1,2,3}  0000-0001-6469-9189

¹Universidad de Zaragoza, Facultad de Medicina y Grupo de Investigación GSII063 de Medicina del Trabajo. Instituto de Investigación Sanitaria de Aragón (IIS-Aragón), Zaragoza, España.

²Instituto de Investigación de Ciencias Ambientales de Aragón, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

³Grupo de Acción "M-Phoenix" del Campus Hiberus de Excelencia Internacional.

Correspondencia

M^a Begoña Martínez-Jarreta
mjarreta@unizar.es

Recibido: 02.03.2026

Aceptado: 04.03.2026

Publicado: 30.03.2026

Financiación

Ninguna.

Conflicto de intereses

La autora señala la no existencia de conflicto de intereses.

Cómo citar este trabajo

Martínez-Jarreta MB. Más allá de la ciencia del daño a la salud humana: la evolución de la toxicología y su impacto en la salud pública. *Med Segur Trab (Internet)*. 2026;72(282):7-10. doi: 10.4321/s0465-546x2026000100001

 BY-NC-SA 4.0

La toxicología nació y se desarrolló durante siglos como la ciencia de los venenos. Desde sus orígenes, ha estado integrada en el saber médico y estrechamente vinculada a la medicina legal y forense. Ambas disciplinas constituyeron, en sus primeras etapas y hasta tiempos relativamente recientes, un mismo ámbito del conocimiento orientado a determinar la causa de la muerte o de un daño para la salud.

Así, desde los conocimientos médicos de la Antigüedad hasta la formulación del principio dosis–respuesta por parte de Paracelso en el siglo XVI, el saber toxicológico fue ampliándose progresivamente. En el siglo XIX, impulsada por el desarrollo de la química analítica —que permitió identificar y cuantificar sustancias tóxicas con rigor científico y establecer relaciones objetivables entre exposición y efecto biológico—, la disciplina avanzó hacia la consolidación de sus bases metodológicas.

En ese mismo escenario de expansión industrial y utilización creciente de sustancias sintéticas a lo largo del siglo XX, la toxicología se diversificó en diversas ramas como la clínica, ocupacional y ambiental, a la par que se configuraba y consolidaba una comunidad científica internacional diferenciada. En España, este proceso culminó con su reconocimiento como área de conocimiento independiente respecto de la Medicina Legal y Forense⁽¹⁾.

La Medicina del Trabajo, cuyos antecedentes resultan inseparables de los ya descritos para la toxicología y cuya sistematización clásica se atribuye a Ramazzini (*De Morbis Artificum Diatriba*, 1700; ampliada en 1713), se articuló históricamente en torno al estudio del daño derivado del trabajo. Sin embargo, evolucionó hasta consolidarse, a finales del siglo XX —en paralelo al desarrollo de los sistemas de protección social y a las formulaciones preventivas impulsadas por Lalonde en los años setenta— como una disciplina orientada no solo al diagnóstico y reparación del daño de origen laboral, sino también a la prevención de los riesgos laborales, la vigilancia y la promoción de la salud de los trabajadores. Sin desatender su dimensión reparadora, ha integrado de manera estructural el saber toxicológico en su corpus científico y en su praxis. En este contexto, las enfermedades profesionales causadas por agentes químicos han ocupado históricamente un lugar destacado en los listados y sistemas oficiales destinados a su reconocimiento en España y Europa.

En ese mismo escenario de expansión industrial del siglo XX y de creciente utilización de compuestos químicos sintéticos, emergió también una conciencia ambiental nueva. La publicación de *Silent Spring* por Rachel Carson en 1962 marcó un punto de inflexión decisivo⁽²⁾. El título evocaba el silencio de los campos privados del canto de los pájaros, tras la acumulación de pesticidas persistentes en las cadenas tróficas. Al afirmar que «en la naturaleza nada existe aislado», Carson subrayó la interdependencia entre los sistemas biológicos y los contaminantes introducidos por la actividad humana. Su obra trascendió el ámbito de los problemas clínicos individuales para situar el foco en los efectos ecológicos de los compuestos químicos, impulsando de manera determinante el desarrollo de la toxicología ambiental y favoreciendo el surgimiento de la ecotoxicología como campo científico específico.

En la actualidad, la toxicología ha adquirido una dimensión sustancialmente distinta a la de sus orígenes. La evolución conceptual de la disciplina condujo a una formulación más amplia, atribuida a Singer y recogida posteriormente por Hayes, que la define como «la ciencia de la seguridad de las sustancias químicas»⁽³⁾. Esta definición comporta un desplazamiento epistemológico significativo: la toxicología deja de centrarse exclusivamente en el daño ya producido para orientarse hacia la anticipación, evaluación y gestión del riesgo químico. La noción de seguridad que incorpora no se limita a la protección de la salud humana, sino que se extiende a otras especies y a los ecosistemas, integrando explícitamente la dimensión ambiental en la evaluación toxicológica.

Desde esta perspectiva ampliada, la evidencia disponible sitúa a la contaminación entre los principales determinantes de morbilidad a nivel mundial, con millones de muertes prematuras atribuibles a exposiciones ambientales y ocupacionales⁽⁴⁾. El riesgo químico constituye, por tanto, uno de los determinantes evitables de carga global de enfermedad más destacables.

La complejidad contemporánea del riesgo químico impide entenderlo como un fenómeno aislado o circunscrito al entorno laboral. El concepto de *exposoma* ha transformado la comprensión toxicológica al integrar la simultaneidad de exposiciones, la acumulación temporal y la interacción entre agentes a lo largo del curso vital⁽⁵⁾. La evaluación del riesgo ya no puede sustentarse exclusivamente en el análisis

individual de cada sustancia considerada de manera aislada, sino que debe incorporar la realidad de exposiciones combinadas, acumulativas y potencialmente sinérgicas.

La historia reciente muestra con claridad las consecuencias de una gestión inadecuada del riesgo químico. La intoxicación por metilmercurio en Minamata (1956, Japón) reveló los procesos de bioacumulación y biomagnificación y sus graves repercusiones neurológicas en la población expuesta y en la fauna⁽⁶⁾. El accidente industrial de Seveso (1976, Italia), con liberación de dioxinas, constituyó un punto de inflexión en la regulación europea de sustancias peligrosas. El desastre de Bhopal (1984, India), tras la liberación masiva de isocianato de metilo, puso de manifiesto la magnitud de las consecuencias humanas derivadas de fallos en la gestión industrial del riesgo químico. Estos episodios vinieron a demostrar la necesidad de la integración de la evaluación toxicológica rigurosa, la vigilancia ambiental y la regulación industrial como pilares esenciales de la protección colectiva.

En las últimas décadas, la creciente presencia de sustancias persistentes, como los compuestos perfluoroalquilados y polifluoroalquilados (PFAS), los disruptores endocrinos y diversos contaminantes emergentes —entre ellos los microplásticos— pone de relieve, una vez más, la necesidad de enfoques integrados y refuerza la perspectiva One Health, basada en la interdependencia entre la salud humana, animal y ambiental⁽⁷⁾. En este contexto, la toxicología se consolida como disciplina estratégica para la evaluación integrada del riesgo en sistemas socioecológicos complejos.

En este escenario, resulta casi paradójico comprobar que, mientras la evidencia científica continúa acumulándose y subrayando la importancia de la toxicología, se produce un progresivo declive de la formación universitaria en esta disciplina en un buen número de países europeos. Esta tendencia se confirma tanto en publicaciones académicas que alertan sobre la pérdida de peso institucional de la toxicología en las universidades europeas⁽⁸⁾, como en posicionamientos posteriores de EUROTOX⁽⁹⁾. Todo lo anterior dibuja una realidad especialmente preocupante.

La evidencia disponible exige que la formación en toxicología se preserve en el grado de Medicina, se desarrolle adecuadamente en la formación especializada de Medicina del Trabajo y se consolide en la formación continuada de los profesionales en ejercicio. En este sentido, los *European Training Requirements* de la sección de Medicina Ocupacional de la UEMS (Unión Europea de Médicos Especialistas), apoyados por la EASOM (Asociación Europea de Escuelas de Medicina del Trabajo), incluyen y subrayan explícitamente la toxicología dentro del marco competencial del especialista en Medicina del Trabajo y contemplan la capacitación en metodología de investigación como parte de su perfil profesional (10).

La existencia de una revista en lengua castellana que otorgue espacio a la toxicología ocupacional y a su impacto en la salud pública supone no solo un medio para la difusión de hallazgos científicos, sino también un ámbito de consolidación académica para la Medicina del Trabajo española y para toda la comunidad de habla hispana dedicada a la salud laboral. También constituye un espacio de reflexión que puede contribuir a esclarecer la verdadera dimensión del riesgo químico en beneficio de la protección colectiva de la salud, más allá de lo individual y de lo estrictamente humano.

Bibliografía

1. Pulgar Haro HD, Baculima Cumbe MA. Toxicología aplicada a la medicina legal y forense [Internet]. Dominio de las Ciencias. 2022;8(3):1334-63 [citado 1 de marzo de 2026]. Disponible en: <https://bit.ly/4rRi93Y>
2. Carson R. Silent Spring. Boston, USA: Houghton Mifflin Harcourt; 1962.
3. Hayes AW, Kruger CL (eds). Principles and Methods of Toxicology. 6ª ed. London, UK: CRC Press; 2014.
4. Fuller R, Landrigan PJ, Balakrishnan K, Bathan G, Bose-O'Reilly S, Brauer M, et al. Pollution and health: a progress update. Lancet Planet Health 2022;6(6): e535-e47. DOI: 10.1016/S2542-5196(22)00090-0
5. Wild CP. Complementing the genome with an “exposome”: the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2005;14(8):1847-50. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-05-0456

- 6.** Society of Toxicology (SOT). Mercury: a long-appreciated hazard [Internet]. Reston, USA: SOT; 2018 [citado 1 de marzo de 2026]. Disponible en: <https://bit.ly/3Pa8rLf>
- 7.** Winkler AS, Brux CM, Carabin H, das Neves CG, Häsler B, Zinsstag J, et al. The Lancet One Health Commission: harnessing our interconnectedness for equitable, sustainable, and healthy socioecological systems. *Lancet* 2025;406(10502):501-70. DOI: 10.1016/S0140-6736(25)00627-0
- 8.** Wallace H, Roberts R, Corsini E, Bonefeld-Jorgensen E, Orhan H, Mach M, et al. Toxicology as an academic discipline in European Universities. *Toxicol Lett.* 2016; 254: 63. DOI: 10.1016/j.toxlet.2016.04.024
- 9.** EUROTOX (Federation of European Toxicologists and European Societies of Toxicology) Position Statement on Toxicology Education in Europe [Internet]. 2022 [citado 1 de marzo 2026]. Disponible en: <https://www.eurotox.com/>
- 10.** UEMS (Union Européenne des Médecins Spécialistes). European Training Requirements for the Specialty of Occupational Medicine [Internet]. 2013 [citado 1 de marzo 2026]. Disponible en: <https://bit.ly/4cmSsTW>