

El Suelo: un reto para la salud

The soil: a health hazard

Solo: um desafio para a saúde

Desde hace tiempo se sabe que la indiscriminada utilización de fertilizantes y fitosanitarios, la cada vez mayor explotación de recursos naturales no renovables, o la permanente contaminación ambiental procedente, fundamentalmente, de sectores como: energía, transporte, agricultura e industria, está incidiendo de forma negativa en la salud. Según el informe elaborado por la OMS¹ (Organización Mundial de la Salud) en 2006 "*Ambientes saludables y prevención de enfermedades*", alrededor de la cuarta parte de la carga mundial de morbilidad y, concretamente, más de un tercio de la carga de morbilidad infantil son consecuencia de factores ambientales modificables.

Por otro lado, también se sabe, que mantener la forma de vida en los países desarrollados, y ayudar a los países en desarrollo, pasa por hacer accesible a la población una gran cantidad de productos que tienen su origen en el medio natural, o necesitan elementos de este para su funcionamiento. Debido a ello, es un reto insoslayable para los legisladores conciliar las necesidades de consumo con la reposición de lo gastado, implementando medidas que permitan mantener un desarrollo sostenible desde el punto de vista social, económico, ecológico y sanitario.

En relación a este último punto, y en el contexto europeo, las instituciones se hacen más exigentes en cuidar que los ciudadanos tengan una mayor protección de la salud. Hoy en día, hay una gran cantidad de publicaciones que relacionan contaminación ambiental, sobre todo del aire y del agua, con determinadas patologías²⁻⁴: alergias, infecciones de las vías respiratorias, diarreas, paludismo, son citadas como frecuentes en informes oficiales de organismos sanitarios^{5,6}. Sin embargo, estas alertas no se recogen cuando el origen de la contaminación está en otra parte esencial del ecosistema, el suelo: "sistema natural que forma la capa superficial de la corteza terrestre, constituido por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, que interactúan entre ellos y condicionan el ciclo de la vida en el planeta", los impactos de la contaminación de suelos en la salud ha sido un tema marginal^{7,8}. La idea que hay una conexión

entre suelos y salud humana ha sido reconocida desde hace mucho tiempo, pero el estudio científico de cómo influyen los suelos en la salud es muy reciente⁷. La causa de esta ausencia la encontramos en el hecho de que el suelo es un sistema muy complejo que requiere para su estudio especialistas de distintas disciplinas: edafología, química, biología, sociología, economía, agronomía, entre otras, si a ello le añadimos su relación con la salud, se necesitan expertos en biomedicina y sanidad ambiental.

Por ello, en nuestra legislación se oficializa esta relación hace tan solo diez años con la aparición del Real Decreto 9/2005⁹, propuesto por el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Sanidad y Consumo, que en su artículo 2-j) define suelo contaminado como: "*Alteración negativa de las características del suelo por la presencia de compuestos químicos de carácter peligroso de origen humano en concentración tal que comporte un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente, y así se haya declarado mediante resolución expresa*".

El suelo tradicionalmente se ha estudiado desde el punto de vista de la producción de alimentos, o como integrante de los ecosistemas con funciones reguladoras de los ciclos del agua y los nutrientes. Es difícil poner una fecha para el comienzo en que los organismos internacionales consideraran al suelo oficialmente un elemento a tener en cuenta cuando se habla de salud de la población. La Carta Europea de Suelos de 1972 adoptada por el Consejo de Europa define el suelo como un bien precioso de la humanidad, que permite la vida de los vegetales, animales y hombre, en la superficie terrestre, pero donde no hay una referencia explícita en relación a la salud humana. Quizás esta relación la podemos encontrar a partir de 1977 cuando la OMS propuso un ambicioso plan con el lema "Salud para todos en el año 2000" donde aparece la contaminación de suelos como un tema de salud pública¹⁰⁻¹². Desde entonces se han ido estudiando las consecuencias de la llegada de contaminantes a la superficie terrestre. Son conocidos los casos de poblaciones donde han sufrido

patologías producidas por deposiciones puntuales: metales pesados, en suelos con distintos usos en China^{13,14}; hidrocarburos aromáticos policíclicos, en suelos de humedales en China¹⁵; metales pesados en suelos de cultivo en Suráfrica¹⁶; contaminantes orgánicos, en suelos urbanos de Portugal¹⁷, etc.

Los contaminantes llegan al suelo por deposición, precipitación, disolución, abandonan el suelo por volatilización, lavado, lixiviado o erosión, y pasan a los organismos vivos cuando son asimilables (bioasimilables), normalmente al encontrarse en forma soluble. La mayor o menor bioacumulación de contaminantes en organismos depende de una amplia variedad de factores: procesos de sorción-desorción de los contaminantes en el suelo, su especiación química y naturaleza de los enlaces químicos establecidos con la fase sólida del suelo, competencia entre los contaminantes, reacciones entre ellos en la rizosfera y mecanismos de absorción y translocación en el organismo diana. La mayoría de estos factores dependen en gran medida del tipo de suelo y de sus características.

En este sentido cada vez son más numerosas las investigaciones en relación a los procesos de absorción y desorción de elementos y compuestos tóxicos por plantas y animales¹⁸⁻²³, por el ser humano, inhalación e ingesta²⁴⁻²⁷ o por acción de los microorganismos^{29,30} en su relación con alergias y otros desórdenes inmunológicos.

Ahora bien, si mucho ha sido el camino recorrido, no cabe duda que queda mucho por recorrer. No se conocen los efectos de vivir durante largo tiempo cerca de suelos contaminados, tampoco es bien conocido el nivel de concentración que se requiere para su afección, ni la relación entre contaminante y tipo de patología^{31,32}, ni los efectos del cambio climático en el suelo y su deriva en la salud humana, o cómo afecta a la población la aparición de nuevos tóxicos xenobióticos procedentes de la mezcla de compuestos orgánicos³³. Otro campo donde la investigación del suelo se está desarrollando es en el descubrimiento de nuevos antibióticos, como es el caso de la texiobactina encontradas en suelos del Estado de Maine (USA) por el profesor Slava Epstein³⁴.

Por todo ello, la Revista de Salud Ambiental de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA), se planteó acometer el tema de contaminación de suelos y salud como parte de los eventos relacionados con la celebración del "Año Internacional del Suelo, 2015".

Dos son los artículos originales que acompañan a esta editorial. El primero se titula "El análisis de riesgos para la salud en el paradigma de la gestión de suelos contaminados:

el caso de la Bahía de Portmán". En él, los autores resaltan las implicaciones que tiene el análisis de riesgos para la salud de las personas en la toma de decisiones para la gestión del riesgo de un suelo contaminado, de tal manera que el riesgo aceptable/inaceptable es decisivo en la selección de las tecnologías de recuperación de dicho suelo para un uso determinado. Se expone un ejemplo que se está llevando a cabo en la Bahía de Portmán, en el distrito minero de La Unión (Murcia), que constituye uno de los mayores puntos de contaminación minero-metalúrgica del Mar Mediterráneo, colmatada por más de 60 Mt (millón toneladas) de residuos mineros procedentes de vertido directo de estériles de lavadero Roberto, el mayor lavadero de flotación de sulfuros (pirita, blenda, galena) del mundo. Los receptores más afectados por el uso de la Bahía son los niños; la vía de exposición más importante es la de ingesta de partículas sólidas, dadas las características del material, seguida de la dérmica y de inhalación. La recuperación se plantea mediante la fabricación de Tecnosoles ad hoc, según el riesgo detectado. Se trata de un ejemplo que se ha llevado a cabo por parte del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, en el que ha participado el Equipo Investigador perteneciente al Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología de la Universidad de Murcia.

El segundo artículo original titulado "Uso de lodos de depuradora como fertilizante agrícola: patógenos y resistencias a antibióticos" ha sido realizado por investigadores del Departamento de Microbiología II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La aplicación de lodos de depuradora es una práctica habitual en agricultura como método de recuperación de suelos degradados que podría no estar exenta de peligrosidad cuando se evalúa desde los puntos de vista ambiental y sanitario. Habitualmente se ha detectado en el suelo tratado con estos residuos un incremento transitorio de las poblaciones microbianas bien patógenas, bien indicadoras, cuya persistencia en el tiempo es variable y atribuida a las características del suelo (tipo de materiales en el suelo), de las enmiendas (origen y tratamiento que han sufrido) o el clima (principalmente humedad y temperatura). Los lodos de depuradora, por su origen, podrían producir la transferencia al ser humano a través de la cadena trófica de: 1) microorganismos patógenos y 2) microorganismos resistentes a antibióticos y producir la diseminación de resistencias a antibióticos, por el incremento y mantenimiento de éstos en el suelo por periodos variables de tiempo. Sin embargo, la legislación española que regula la aplicación de lodos en el sector agrario ha optado por un criterio microbiológico muy limitado. Por ello, los autores estiman que se deberían establecer

mejores parámetros que informen apropiadamente del estado sanitario de los suelos tratados con lodos de depuradora que incluyeran, además, aspectos que actualmente no se evalúan como la resistencia a antibióticos.

Desde esta visión del suelo se ha pretendido establecer un punto de referencia con un enfoque global, ofreciendo una información accesible y precisa sin profundizar en el vocabulario profesional de ningún campo particular. Con este fin, hemos invitado a expertos profesionales de distintas áreas de conocimiento para realizarlos artículos de revisión que se publican en este número.

Esperamos que tanto este editorial como los artículos escogidos sirvan como ejemplos y estimulen el entusiasmo entre nuestros lectores y autores para proseguir avanzando en esta nueva aventura. El estudio de la influencia del suelo en la salud humana es tarea muy compleja, para realmente conocerlos tenemos que llegar a entender la interacción entre múltiples variables, lo que plantea un reto importante de cara al futuro.

Antonio López Lafuente y Concepción González Huecas

Dpto. Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

- Organización Mundial de la Salud. Ambientes Saludables y Prevención de Enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente: resumen de orientación. A. Prüss-Ustün, C. Corvalán. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 2006.
- Szynkowska MI, Pawlaczyk, A. Environmental & Health Laws, Europe. En: Philip Wexler Editor in Chief. Encyclopedia of Toxicology (Third Edition). Amsterdam: Elsevier. 2014. pp.348–352.
- Garrido A, Jiménez-Guerrero P, Ratola N. Levels, trends and health concerns of atmospheric PAHs in Europe. Atmospheric Environment 2014; 99: 474-84.
- Giangaspero A, Marangia M, Koehler AV, Papini R, Normanno G, Lacasella V, Lonigro A, Gasser Robin B. Molecular detection of *Cyclospora* in water, soil, vegetables and humans in southern Italy signals a need for improved monitoring by health authorities. International Journal of Food Microbiology 2015;11:95-100.
- Santangelo A, Albani S, Atteritano M et ál. Prevalence of cardiovascular pathologies in elderly population living in an industrialized area, compared to a control population residing in a rural área. Archives of Gerontology and Geriatrics 2012; 55(3):702-5.
- Udeigwe TK, Teboh JM, Eze PN et ál. Review Implications of leading crop production practices on environmental quality and human health. Journal of Environmental Management 2015;151:267-79.
- Brevik EC, Sauer TJ. The past, present, and future of soils and human health studies. Soil 2015;1:35–46.
- Science for Environment Policy. European Commission. In-Depth Report Soil Contamination: Impacts on Human Health. Issue 5. September 2013. [citado el 24 de noviembre de 2015] Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR5_en.pdf.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. BOE nº15, de 18 de enero.
- Organización Mundial de la Salud. Actas Oficiales de la Organización Mundial de la Salud N° 241. 30 Asamblea Mundial de la Salud Ginebra, 2-19 de Mayo de 1977. [citado el 24 de noviembre de 2015] Disponible en: apps.who.int/iris/bitstream/10665/95348/1/Official_record241_spa.pdf.
- National Academy of Sciences. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. Commission on Life Sciences. Washington, DC: National Academy Press. 1983.
- US Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/1-89/002 December 1989.
- Zhao H, Xia B, Fan Ch et ál. Human health risk from soil heavy metal contamination under different land uses near Dabaoshan Mine, Southern China. Science of Total Environment 2012; 417-418: 45-54.
- Jiang Y, Zeng X, Fan X et ál. Levels of arsenic pollution in daily foodstuffs and soils and its associated human health risk in a town in Jiangsu Province, China. Ecotoxicology and Environmental Safety 2015;122: 198-204.
- Yang W, Lang Y, Bai J, Li Z. Quantitative evaluation of carcinogenic and non-carcinogenic potential for PAHs in coastal wetland soils of China. Ecological Engineering 2015;74:117-24.
- Lion GN, Olowoyo JO. Population health risk due to dietary intake of toxic heavy metals from *Spinaciaoleracea* harvested from soils collected in and around Tshwane, South Africa. South African Journal of Botany 2013;88:178-82.
- Cachada A, Pato P, Rocha-Santos T et ál. Levels, sources and potential human health risks of organic pollutants in urban soils. Science of the Total Environment 2012;430:184-192.
- de Santiago-Martín A, Valverde-Asenjo I, Quintana JR et ál. Metal extractability patterns to evaluate (potentially) mobile fractions in periurban calcareous agricultural soils in the Mediterranean area—analytical and mineralogical approaches. Environmental Science Pollution Research 2013;20(9):6392-405.

19. de Santiago-Martín A, Valverde-Asenjo I, Quintana JR et ál. Carbonate, organic and clay fractions determine metal bioavailability in periurban calcareous agricultural soils in the Mediterranean area. *Geoderma* 2014;221-22:103-12.
20. de Santiago AM, Van Oort F, González C et ál. Improving relationship between soil characteristics and metal bioavailability by using reactive fractions of soil parameters in calcareous soils. *Environmental Toxicology and Chemistry* 2013;34(1):33-44.
21. Beresford NA, Howard BJ. The importance of soil adhered to vegetation as a source of radionuclides ingested by grazing animals. *Science Total Environmental* 1991;107:237-54.
22. Wilkinson JM, Hill J, Phillips CJC. The accumulation of potentially-toxic metals by grazing ruminants. *Proc Nutr Soc* 2003;62:267-77.
23. Smith KM, Abrahams PW, Dagleish P, Steigmajer J. The intake of lead and associated metals by sheep grazing mining-contaminated floodplain pastures in mid-Wales, UK: I. Soil ingestion, soil-metal partitioning and potential availability to pasture herbage and livestock. *Science of the Total Environment* 2009;407: 3731-39.
24. Kimbrough RD, Krouskas CA, Carson ML et ál. Human uptake of persistent chemicals from contaminated soil: PCDD/Fs and PCBs. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 2010;57:43-54.
25. Abbasi S, Lamb DT, Palanisami T et ál. Bioaccessibility of barium from barite contaminated soils based on gastric phase in vitro data and plant uptake. *Chemosphere* 2016;144:1421-27.
26. Garcia EM, da Silva Junior FM et ál. Developmental effects of parental exposure to soil contaminated with urban metals. *Science of the Total Environment*. 2015; 520: 206-12.
27. Li H, Li J, Zhu Y et ál. Comparison of arsenic bioaccessibility in housedust and contaminated soils based on four in vitro assays. *Science of the Total Environment* 2015;532:803-11.
28. Smith KM, Abrahams PW, Dagleish MP et ál. Effects of water and nitrogen amendment on soil microbial biomass and fine root production in a semi-arid environment in West Texas. *Soil Biology & Biochemistry* 1998;30:39-45.
29. Zorzghi H, Gerba CP, Brooks JP y Pepper IL. (2010). Long-Term Effects of Land Application of Class B Biosolids on the Soil Microbial Populations, Pathogens, and Activity. *Journal of Environmental Quality* 2010;39:402-8.
30. Wu X et al. Responses of soil microbial community to different concentration of fomesafen. *Journal of Hazardous Materials* 2014;273:155-64.
31. Oliver MA. Soil and human health: a review. *European Journal Soil Science* 1997;48:573-92.
32. Abrahams PW. Soils: their implications to human health. A Review. *The Science of the Total Environment* 2002;291:1-32.
33. Burgess L. Organic Pollutants in soil. En: Brevik Eric C and Burgess Lynn C Eds. *Soils and Human Health*. New York: Taylor and Francis. 2013. pp. 83-106.
34. Ness E. The Hunt for Antibiotics in Soil. *Soil Horizons* 2015;1-3.