Residuos “no peligrosos” y Salud: análisis de la evidencia actual

Piedad Martín-Olmedo

Presidenta Sección de Evaluación de Impacto en Salud. European Public Health Association; Escuela Andaluza de Salud Pública, Instituto de Investigacion Biosanitaria de Granada (España)

Andrea Pastor

TRAGSATEC. Ministerio de Sanidad

Por residuo se entiende “cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención u obligación de desechar”. [1, 2] Su generación forma parte intrínseca de los procesos productivos de todo tipo y de los patrones de consumo de la población. Asimismo, su producción se encuentra fuertemente vinculada al desarrollo económico de un área, pero también a los valores culturales, éticos y de concienciación medioambiental de la comunidad que habita dicha localidad, región o país. [2, 3]

Según los datos obtenidos por Eurostat para el año 2018, la cantidad de residuos generados por habitante en España habría aumentado un 6,9 % en comparación a los datos de 2016. [4] De entre los residuos producidos sólo un 2,3 % fueron clasificados como peligrosos por presentar una o varias de las características de peligrosidad recogidas en el anexo III de la Ley 22/2011 (derogada recientemente por la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados). [2] Hasta un 60 % de los residuos fueron generados en actividades relacionadas con la construcción, la minería y el sector servicios, mientras un 16,5 % del total entraría dentro de la categoría de residuo doméstico, o como se le denomina en el actual marco jurídico, residuo municipal (RM). [4-7] Conforme a los datos publicados por la Agencia Europea de Medio Ambiente sobre el programa español para la prevención en la generación de residuos, entre 2010 y 2018 se observó un incremento al alza en la producción de los RM tras años de marcado descenso. Este aumento no se considera esté vinculado tanto al crecimiento demográfico como al modelo económico imperante y las actividades productivas llevadas a cabo en este período. [7]

Los residuos municipales, aunque no sean tan significativos en cuanto a cantidad y sean catalogados como “no peligrosos”, presentan una naturaleza muy heterogénea, incluyendo fracciones tan diversas como papel y cartón, vidrio, metales, plásticos, biorresiduos, madera, textiles, envases, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, pilas y acumuladores, y residuos voluminosos (ej. colchones y muebles). No se incluyen en esta categoría los residuos procedentes de fosas sépticas, red de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales, incluidos los lodos de depuradora, los vehículos al final de su vida útil, ni los residuos derivados de la construcción, demolición o la agricultura. [2] Tal heterogeneidad en cuanto a su composición puede generar impactos ambientales y de salud significativos, no siempre asumidos ni abordados (Tabla 1).

Estrategias de minimización

Para minimizar los posibles impactos asociados a los residuos se han propuesto una serie de estrategias a nivel comunitario y estatal dirigidas a trasformar el modelo económico actual, basado en producir, consumir y tirar, en una economía circular mucho más sostenible. Dichas estrategias persiguen potenciar un uso más eficiente de los recursos, reducir la producción en origen de los residuos mediante la mejora de los procesos productivos, y

Aumentar segregación y reciclaje de los residuos y reintroducir el material en el ciclo es prioritario © E. Fdez

Descarga de residuos orgánicos y plásticos en una planta de incineración

aumentar la segregación y reciclaje de las distintas fracciones de residuos, convirtiéndolas en productos que puedan reintroducirse nuevamente en el mercado. (1, 2, 8-13)

En España, aunque se ha observado un aumento notable en el uso de los contenedores amarillo (envases) y azul (papel y cartón), la gestión de los residuos no peligrosos, especialmente los RM, sigue siendo mayoritariamente mediante depósito en vertedero con el consiguiente impacto medioambiental. (5, 7, 14) Este es el caso por ejemplo de los biorresiduos, cuya acumulación en los vertedero supone una fuente difusa de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) tales como el dióxido de carbono, el metano o diferentes óxidos de nitrógeno. Estas emisiones pueden llegar a representar hasta un 4 % de las emisiones totales de GEI de nuestro país. (15, 16) Esta situación se espera mejore notablemente a medio-largo plazo por la entrada en vigor de la Ley 7/20022 de residuos y suelos contaminados, donde se estipula una gestión diferenciada de este tipo de residuos. (2)

Potenciales efectos en salud de los residuos “no peligrosos”

Los residuos constituyen desde 1980 una de las amenazas ambientales para la salud humana más importantes incorporada para su estudio y seguimiento en el Proceso Europeo de Medio Ambiente y Salud promovido por la

> **Los biorresiduos acumulados en vertederos son fuente difusa de emisión de gases de efecto invernadero**

Organización Mundial de la Salud (OMS). No obstante, no ha sido hasta la sexta reunión interministerial celebrada en Ostrava (República Checa), en junio de 2017, cuando se han priorizado los residuos como problema relevante de salud ambiental. En este sentido, los 53 Estados Miembros de la Región Europea de la OMS se comprometieron en a: “eliminar los efectos adversos para el medio ambiente y la salud, los costes y las desigualdades relacionadas con la gestión de residuos y los sitios contaminados, avanzando hacia la eliminación de la eliminación y el tráfico de residuos no controlados e ilegales, y la gestión racional de los residuos y los sitios contaminados en el contexto de la transición a una economía circular”. (17)

La identificación, descripción y caracterización de los impactos sobre la salud humana que generan los residuos, especialmente los denominados “no peligrosos”, es compleja. La monografía ‘Salud y Residuos—Residuos «no peligrosos»: Evidencia sobre los efectos en salud y retos para su mejor caracterización’ editado por el Ministerio de Sanidad (18) en respuesta a uno de los objetivos de actuación del Plan Estratégico de Salud y Medioambiente (2022-2026) para España (PESMA), (19) recoge una amplia revisión de la evidencia científica disponible al respecto. En el presente artículo trataremos de resumir la evidencia relativa a los RM por integrar diversas fracciones, y por ser el tipo de residuo del que existen más datos sobre sus impactos en la salud humana.

- **Según su composición**

La dificultad de la caracterización de los impactos en la salud de residuos no peligrosos como los RM está vinculada, entre otros factores, a la coexistencia de múltiples fracciones, no siempre segregadas y tratadas de forma diferenciada. Tales fracciones, aunque mejor definidas en la actualidaden cuanto a la peligrosidad y toxicidad intrínseca de sus componentes (ver Tabla 1), no han sido abordadas de manera individualizada en relación a los posibles efectos sobre la salud humana. En la monografía antes mencionada se recoge en anexo una relación de los principales efectos adversos asociados a componentes tóxicos presentes en los RM y las fracciones que lo integran. Así, por ejemplo, muchos metales pesados como el cadmio, arsénico, cromo VI, o níquel han sido catalogados por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) como carcinogénicos en humanos (tipo 1). Dicha caracterización se ha llevado a cabo sobre la base de estudios toxicológicos en animales de experimentación o sobre población humana expuesta a dosis altas. (18) Sin embargo, la evidencia de asociación de distintos tipos de cáncer por exposición a estas sustancias en concentraciones ambientales bajas, como las asociadas a la exposición a distintas fracciones de residuos, es aún contradictoria. Además, esta asociación no tiene en cuenta los posibles efectos sinérgicos por exposición a peligros múltiples, ni la posibilidad de efectos crónicos a dosis bajas mantenidas en el tiempo, actualmente sometido a un intenso debate científico. (20-23) A este respecto, desde la OMS se sugiere que se prioricen estudios teniendo en cuenta la posible presencia de compuestos con una inherente mayor toxicidad o virulencia (caso de peligros biológicos), mayor persistencia medioambiental o poder de bioacumulación, u otros rasgos de peligrosidad como alta reactividad en contacto con agua o aire. (18, 20)

- **Efectos atendiendo a instalaciones de tratamiento de RM**

Por otro lado, la mayoría de trabajos científicos publicados hasta ahora hacen referencia fundamentalmente a los procesos de eliminación y tratamiento de RM, en especial mediante vertederos o incineradoras, y en menor medida mediante compostaje. (18-20; 24, 25)

A pesar del aumento notable en el uso de contenedores la gestión de los residuos no peligrosos sigue siendo mayoritariamente mediante depósito en vertedero © E. Fdez

Otra de las limitaciones que dificulta la caracterización de los impactos en salud relacionados con los RM estriba en el bajo tamaño muestral de personas afectadas. La población que vive cerca de las instalaciones de gestión de residuos no involucra por lo general a todos los residentes de un área urbana, sino solo a una pequeña parte de la población que vive cerca de dichas instalaciones. Este hecho limita la posibilidad de aislar diferencias estadísticamente significativas de efectos en salud por diferencias entre el efecto observado en población potencialmente expuesta y población control (no expuesta). (18, 20, 24-28) Diferentes estudios llevados a cabo en Europa, estimaron que aproximadamente entre el 2 y el 6 % de la población de zonas urbanas vive en las proximidades de instalaciones de gestión de residuos, a una distancia entre 0 y 3 km. (20, 27) Esta población es, por lo general, población más desfavorecida, con niveles socioeconómicos bajos, lo que agrega una mayor complejidad al patrón de exposición e involucra interacciones con otros determinantes de la salud, añadiendo un importante elemento de confusión para identificar asociaciones significativas. (18, 29) Esta situación de injusticia ambiental se ve acrecentada además por un acceso desigual a los mecanismos procesales, condicionados a su vez por componentes culturales, de reconocimiento social, participación y capital social. (29-30) La falta de estos elementos suele afectar más a las personas vulnerables y a los grupos desfavorecidos que residen cerca de estas instalaciones, lo que hace imposible que estos grupos sean informados o que se escuchen sus quejas y, por lo tanto, limita su capacidad de influir en los procesos de toma de decisiones para la gestión y búsqueda de soluciones. (30)

Hasta el 6 % de los europeos viven en las inmediaciones de instalaciones de tratamiento de residuos © E. Fdez

Una de las mayores limitaciones de los estudios epidemiológicos (EE) que han tratado de evidenciar asociaciones entre exposiciones a RM (o sus tratamientos) con impacto en la salud humana está asociado a la metodología empleada en la caracterización de la exposición, es decir, la concentración de distintos contaminantes que liberados a un medio ambiente son susceptibles de ingresar en el organismo humano. [26, 31] Actualmente existe un amplio consenso sobre el orden jerárquico de calidad de las aproximaciones utilizadas para dicha caracterización, según la cual el uso de la proximidad de la residencia a una instalación de residuos o área contaminada por distintas fracciones de residuos es considerado como la peor estimación de la exposición humana, mientras que la biomonitorización humana (cuantificación de contaminantes o sus metabolitos en tejidos o fluidos humanos) se considera el enfoque más preciso. [26, 28, 31, 32] Según la revisión llevada a cabo por Hoek *et al.* (2018), hasta un 85 % de 147 EE identificados sobre esta materia utilizaron indicadores cualitativos de exposición, basados en la descripción de la actividad contaminante, el municipio o código postal de residencia de los sujetos de estudio, o en la distancia de dicha residencia a las instalaciones de tratamiento de residuos mediante diferentes estimaciones métricas (escala continua o definición de áreas concéntricas alrededor del sitio con radio arbitrario). Solo el 12 % del total de estudios identificados utilizaron métodos de modelización de datos ambientales (principalmente datos de calidad del aire), un 1 % campañas de monitorización ambiental dirigidas, y solo un % aplicaron un diseño de biomonitorización. [33] Una proporción muy similar sobre los métodos señalados se identificó en la revisión de los datos utilizados en estudios de vigilancia epidemiológica en zonas contaminadas con residuos realizada por Martin-Olmedo *et al.* (2018). [34]

El uso de la distancia y la residencia como indicativos de la exposición, considerando un gradiente homogéneo de contaminación decreciente a medida que aumenta la distancia a las fuentes, introduce importantes sesgos y errores en las estimaciones de asociación al no tener en cuenta importantes características del entorno local (ej. meteorología, topografía, etc.) y las particularidades de la fuente emisora de peligros (ej. altura de la chimenea en una incineradora) que pueden afectar significativamente a la dispersión de contaminantes en suelos y otros medios. [20, 26, 28] Por otra parte, este tipo de aproximaciones no tiene presente la coexistencia de múltiples rutas de exposición posibles. Cada proceso de gestión de residuos puede dar lugar a la liberación de contaminantes diversos, que afectan a distintas matrices ambientales atendiendo a sus propiedades físico-químicas y a las características climatológicas y topográficas del área donde están ubicadas, entre otros factores. [26, 28, 31] Así, por ejemplo, en el caso de la quema o incineración de RM, el aire es identificado como la principal ruta de dispersión de contaminantes que pueden afectar a la población general, [35] generando contaminantes como las dioxinas, las cuales, a su vez, pueden acabar depositándose y afectando a pastos, explotaciones ganaderas y cultivos. De este modo, la ingestión de ciertos alimentos contaminados como productos lácteos o huevos pueden representar una fuente indirecta de exposición que debería ser tenida en cuenta. [26, 28, 31] Otras prácticas, como la acumulación de RM en vertederos, pueden generar emisiones a la atmósfera de una amplia variedad de GEI y elementos tóxicos, pero también lixiviados contaminantes que pueden afectar a suelos, aguas superficiales y subterráneas, y, por tanto, a la población, incluso a una distancia significativamente mayor del punto

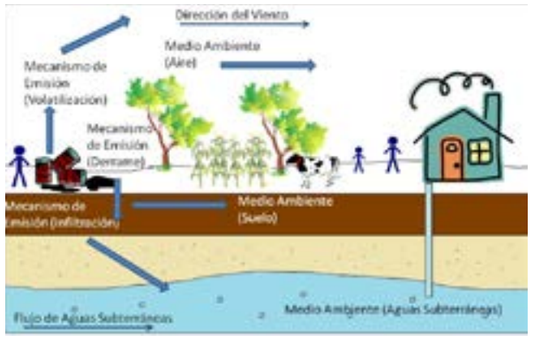


Figura 1– Ejemplo de un Escenario de Exposición – Destino y Transporte (adaptado con permiso fuente 31, 37)

de emisión o vertido de los residuos o su tratamiento. [26, 31, 36] La Figura 1 ilustra alguno de las matrices ambientales que pueden verse afectadas en la acumulación, tratamiento o eliminación de residuos, y cómo dichos contaminantes pueden moverse de un medio a otro.

> **El aire es la principal ruta de dispersión de contaminantes al incinerar residuos que pueden afectar a la población, pero no la única**

A su vez, los contaminantes presentes en un medio afectado, pueden ingresar en el organismo por diversas vías: ingestión (oral), inhalación, o por contacto dérmico. [31, 37] Por otra parte, es importante tener presente posibles variaciones temporales en la exposición asociadas tanto a fluctuaciones en las emisiones desde las fuentes a lo largo del tiempo (ej. picos en las masas de residuos que se incineren), como a la movilidad de la población. [26-28, 31]

En resumen, para definir modelos de exposición integrales que engloben las diversas rutas de exposición que pueden afectar a la población, es necesario recabar datos, lo más desagregados posible, de los siguientes aspectos: [26, 31, 37]

Caracterizar los residuos por su composición permitiría medir mejor el impacto en la salud © E. Fdez

- Medio afectados, mecanismos de transporte de un medio a otro y puntos de exposición (ej. agua de consumo, o agua de pozo, alimentos, aire, etc.), lo que nos permitirá conocer la extensión y alcance del área afectada, y los grupos poblacionales mayoritariamente afectados y más vulnerables.

- Identificación y cuantificación de todos los contaminantes existentes en cada punto de exposición, para determinar la magnitud de la exposición, a ser posible medidas en campañas que permitan conocer sus variaciones estacionales y temporales.

Las plantas de incineración generan gases en suspensión y residuos sólidos como ceniza y escoria

- Características de la población afectada, con información sobre sus características antropométricas, hábitos de consumo (determinarán la frecuencia y duración de la exposición), y características sociodemográficas y de salud basal para incluir en nuestro análisis el impacto que otros factores concomitantes puedan tener en el resultado en salud.

- Información toxicológica y epidemiológica cualitativa y cuantitativa (dosis-respuesta) acerca de los peligros encontrados en cada punto de exposición, para dirimir las vías de exposición más plausibles, así como los efectos en salud con los que se asocian y la gravedad de dichos efectos (ej. efecto cáncer u causas de morbi/mortalidad no cáncer, en adultos, en niños, etc.)

> **La introducción de mejores técnicas en las incineradoras ha provocado una reducción de emisiones contaminantes**

Un mayor esfuerzo y sistematización en la recogida de datos en continuo que permitan una caracterización espacial y temporal de la exposición humana por diversas vías a peligros existentes en los RM y sus fracciones, así como una mayor y más eficaz integración de los sistemas de información sobre salud, exposición humana y evidencia epidemiológica/toxicológica es imprescindible para avanzar en la caracterización de los impactos en salud de los residuos. Este tipo de enfoque, como se ha demostrado en países como los Estados Unidos de América, necesita de una gran gestión gubernamental, proporcionando financiación y una adecuada interacción y colaboración entre las agencias de salud y ambientales a nivel regional y nacional. [34]

Analizaremos a continuación de forma resumida la evidencia disponible sobre efectos en salud asociados a distintos tipos de tratamiento de residuos (ver Tabla 2).

- **Efectos en salud relacionados con incineradoras**

Las incineradoras son unidades técnicas dedicadas al tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación del calor generado. Como resultado del proceso de incineración se obtiene gases de combustión compuestos principalmente por CO_2, H_2O, O_2 no reaccionado, N_2 del aire empleado para la combustión, y gases ácidos derivados de reacciones de halógenos, azufre, metales volátiles o compuestos orgánicos (como dioxinas y furanos) que no se hayan oxidado, así como partículas en suspensión. [24, 28, 36] Asimismo, se generan residuos sólidos, compuestos fundamentalmente por escorias inertes, cenizas y residuos del sistema de depuración de los gases de combustión. [36]

Biomasa descargada en una estación de compostaje que puede contener bacterias, hongos y endotoxinas

La introducción de mejores técnicas en las incineradoras a lo largo de los años, ha provocado una reducción de emisiones contaminantes de hasta 3 o 4 órdenes de magnitud, con la consiguiente disminución de riesgos esperados para la salud humana. [41-43] Las muchas modificaciones acontecidas en el tiempo en las condiciones de estas instalaciones, así como el hecho de que la mayoría de efectos en salud analizados sean considerados como enfermedades poco comunes (“raras”), y que sea preciso realizar un seguimiento de numerosos individuos durante largos períodos de tiempo en comunidades pequeñas; o que la exposición en su mayoría no se basa en mediciones individuales, han dificultado el cálculo de estimaciones de riesgos tanto en estudios epidemiológicos individuales como a través de metanálisis. Detalles más específicos sobre efectos en salud resumidos en Tabla 2.

- **Efectos de los vertederos**

Los vertederos son depósitos controlados subterráneos o de superficie de almacenamiento de residuos por períodos de tiempo superiores a los considerados para el almacenamiento temporal. Estos dispositivos deben estar dotados de elementos de impermeabilización con la finalidad de evitar la contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas, y de la atmósfera. Actualmente la normativa española de residuos [2] prohíbe taxativamente el vertido de residuos de manera no controlada en todo el territorio nacionalcon objeto de evitar problemas de contaminación, generación de sustancias peligrosas, transmisión de enfermedades o ser posible foco de incendios.

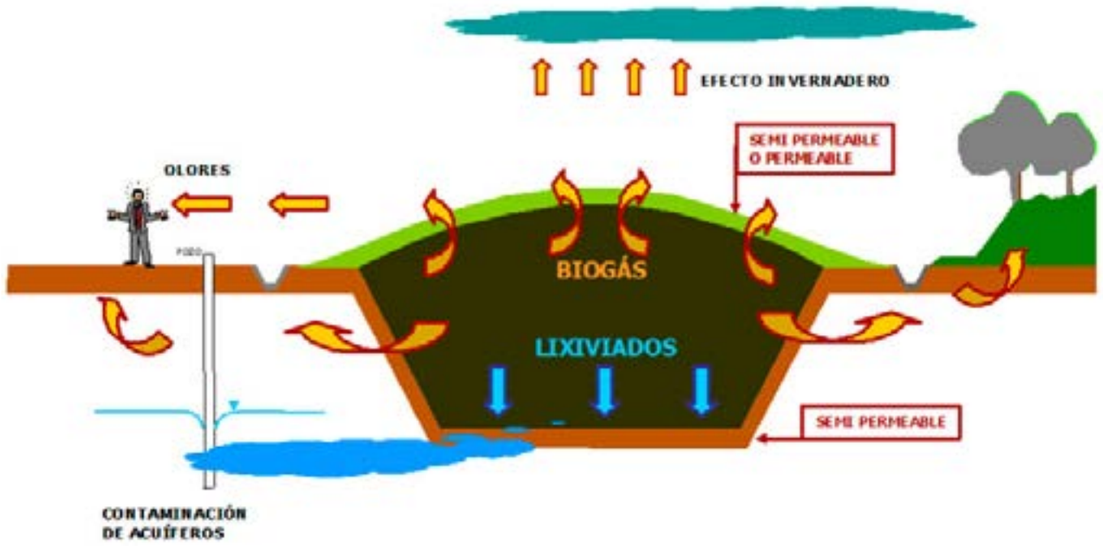
Los peligros más comúnmente relacionados con los vertederos, especialmente con dispositivos abiertos y los no controlados, son emisiones de gases (ej. H_2S, SO_2, CH_4, NH_3, vapores de mercurio, compuestos orgánicos volátiles, etc.), así como lixiviados contaminados con metales pesados, plaguicidas, principios farmacéuticos y microorganismos patógenos. [36, 38] Los efectos en salud identificados y asociados con residir cerca de vertederos se han resumido en la Tabla 2.

- **El compostaje**

Los peligros asociados con el compostaje incluyen algunos GIA (ej. CO_2, CH_4), COVs, aerosoles que pueden a su vez contener bacterias, hongos, actinomicetos, endotoxinas y 1-3 glucanos que pueden provocar alteraciones respiratorias, y afecciones dérmicas (piel, ojos). Tales efectos han sido más ampliamente estudiados en trabajadores de plantas de compostaje, especialmente en sistemas abiertos. Los estudios que han abordado los posibles efectos en salud en relación a plantas de compostaje, se han centrado fundamentalmente en los trabajadores de dichas instalaciones. No obstante, existen cierta evidencia en población general [ver Tabla 2].

Acciones para definir el impacto en salud y reducirla

Como ya se ha comentado, los residuos han sido reconocidos como una prioridad de salud ambiental y como tal recogido en el PESMA 2022-2026. [19] Entre las iniciativas resaltamos las siguientes:



Tipo de fracción de residuos	Descripción	Elementos de peligrosidad asociados a cada fracción
Biorresiduos	Residuos orgánicos, biodegradables de origen vegetal y/o animal, generados en el ámbito domiciliario y comercial (siempre que estos últimos sean similares a los primeros). Densidad elevada y baja compactibilidad.	Pueden generar lixiviados, malos olores, crecimiento de microrganismos patógenos 1 y emisión de gases de efecto invernadero (GEI) así como compuestos orgánicos volátiles (COVs) durante su gestión[2]. Asimismo, podrían generar un aumento indirecto de resistencia a antimicrobianos por la coexistencia en el medio ambiente de patógenos con principios activos de medicamentos eliminados junto con los biorresiduos.
Papel y cartón	Existen unas 500 variedades de papeles, incluyendo los empleados en componentes del automóvil, fricción en frenos y transmisión, papel electrónico en cables y transformadores de alto voltaje, cartón dieléctrico con efectos aislantes, etc.	Pueden contener elementos perjudiciales para la salud como fenoles, ftalatos, policlorobifenilos y algunos tipos de metales pesados[3].
Vidrio	Generalmente elementos con una elevada proporción de sílice (SiO2), aunque en algunos casos pueden incorporar metales como el plomo (ej. tubos de rayos catódicos de las pantallas de televisión).	Fracción considerada habitualmente inerte, puede contener concentraciones relativamente importantes de metales tóxicos como bario, cadmio, plomo, zinc y arsénico[4,]
Aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	Productos complejos con numerosos componentes: piezas metálicas y plásticas, madera o metal, tarjetas de circuitos impresos, tubos de rayos catódicos, pantallas de cristal líquido, cables, pilas, baterías, componentes eléctricos y electrónicos, diversos fluidos, etc.	Presencia de sustancias peligrosas, entre ellas gases como el clorofluorocarbono, o el hidroclorofluorocarbono, o compuestos orgánicos persistentes (ej. ftalatos, fenoles), y metales pesados (Ej. cadmio, mercurio, plomo o arsénico). En su combustión se pueden generar además importantes cantidades de dioxinas[5, 6].
Pilas y baterías	Dispositivos que permiten la obtención de energía eléctrica por transformación de energía química.	Su principal amenaza está ligada a la presencia de metales pesados[7, 8,] aunque su potencial tóxico se suele asimilar al de los RAEE[9].
Textil y calzado	Comprende una amplia gama de productos desde fibras naturales como algodón, yute, seda y lana, a fibras sintéticas/artificiales como poliéster, plásticos, viscosa, nailon y acrílico[10].	Segunda industria más contaminante en el mundo tras la del petróleo10social y ambiental promovido por la ONU. En el marco de los trabajos desarrollados en el equipo de investigación IDI UNNOBA y en concordancia con los lineamientos expuestos en anteriores congresos, se presenta una mirada comparativa entre dos modelos que conviven actualmente en el Sistema de la moda: uno expansivo, comenzado en la Revolución Industrial y otro que emerge en las últimas décadas junto a la exposición del conocimiento sobre la finitud de los recursos naturales y el cuestionamiento de la calidad de vida de los individuos. Palabras Claves: Diseño-Sostenible-Moda-Modelos El impacto del Sistema de la moda De acuerdo al Danish Fashion Institute (2013. Se han identificado hasta 22 químicos perjudiciales con el medio ambiente y la salud relacionados con la industria textil y sus residuos, entre ellos metales pesados (ej. arsénico, plomo, cadmio, mercurio, níquel, and cobalto) y COVs[11].
Medicamentos	Sustancias medicinales destinadas a prevenir, tratar, aliviar o curar enfermedades o dolencias.	Peligrosidad asociada a su eliminación no separada dentro del conglomerado de RM, pudiendo inducir un aumento de las resistencias antimicrobianas, entre otros efectos[12.]
RESIDUOS SANITARIOS	Aquellos generados en centros sanitarios y veterinarios, incluidos los envases	Propagación de enfermedades infecciosas, contaminación química, contaminación farmacológica, radioactividad y o genotoxicidad[13, 14.]
Aceites de cocina usados	Grasas animales o vegetales utilizadas para cocinar que son desechados.	Riesgo de eutrofización de las aguas y daño a la biota[15]
Envases	Pueden ser de plástico, vidrio, papel,-cartón, madera, metal o combinaciones de distintos materiales.	Posibilidad de migración de ciertos componentes (ej. ftalatos, bisfenol-A, metales pesados) a los alimentos que contienen[16, 17.] Contaminación de suelos y aguas por componentes de no tener un tratamiento diferenciado específico. Otra importante problemática la constituyen los microplásticos que pueden generarse[18, 19] (referencias al final de referencias del texto)

Tabla 1: Descripción de fracciones de residuos no peligrosos presentes en RM y peligrosidad intrínseca atendiendo a su composición

Tratamiento RM	Principales efectos en salud	Referencia
Incineradoras	• Efecto sobre sistema respiratorio y digestivo→Cáncer de pulmón y laringe (1º y 2º generación de incineradoras) y cáncer de estómago, colon e hígado (1º generación)	25, 44-46
	• Efecto sobre sistema linfático → Linfoma No Hodkin’s	44, 47, 48
	• Efectos en el desarrollo fetal y neonatal → defectos tubo neural (1º generación), labio y paladar hendido (2º generación), Uropatías obstructivas (2ª generación), aumento de mortalidad en neonatos (2ª generación) y anomalías congénitas.	49, 50
	• Efectos sobre la piel → Sarcoma de tejidos blandos	25, 51, 52
Vertederos	• Efectos sobre sistema cardiovascular→ Potencial asociación con el desarrollo de diabetes e hipertensión	56
	• Efectos sobre sistema digestivo, inmune y linfático→ Cáncer de páncreas, laringe, hígado, riñón, alteración de respuesta inmunitaria y desarrollo de linfoma No Hodkin’s	20, 24, 41
	• Efecto sobre sistema respiratorio→ Tos, fatiga, bronquitis crónica y cáncer pulmonar.	20, 41, 54
	• Efecto sobre desarrollo fetal y neonatal→ Potencial asociación a parto pre-término, poco tamaño al nacer y asociación con abortos.	39, 40
Compostaje	• Potencial asociación con el aumento de admisión hospitalaria.	25, 55-57

Tabla 2: Resumen de efectos en salud identificados relacionados con los distintos tratamientos de RM para su eliminación

- Reforzar las metodologías de gestión de residuos para minimizar las liberaciones de sustancias peligrosas, en concreto, fomentar y certificar el sistema de gestión de efluentes de fitosanitarios.

- Caracterizar y mapear las zonas de mayor exposición y diseñar y divulgar medidas de protección que minimicen dicha exposición.

- Mejorar los registros de calidad ambiental, con identificación y geolocalización de los diferentes puntos de máxima exposición de residuos para cada uno de los flujos de residuos. Mejora de la trazabilidad de los residuos.

- Mejora de la caracterización de la exposición humana en zonas de mayor prioridad relativa a instalaciones de gestión y tratamiento de residuos.

- Diseñar herramientas (cuestionario, diagnóstico de salud, etc.) para mejorar la recogida del historial de exposición humana en zonas poblacionales próximas a instalaciones de gestión de residuos, identificándose información de posibles factores de confusión que poder tener en cuenta en estudios epidemiológicos posteriores.

- Mejorar la vigilancia epidemiológica y la caracterización de los efectos de los residuos sobre la salud humana.

- Identificar efectos en salud preclínicos relacionados con contaminantes presentes en residuos, y creación de un registro de casos de morbi-mortalidad más específicamente relacionados, según la evidencia científica, con compuestos tóxicos presentes en distinto tipo de residuos.

Bibliografía

1. Parlamento Europeo. Directiva 2008/98/CE del parlamento Europeo y del consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. 2008.

2. Jefatura del Estado. Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. 2022.

3. Zaman AU, Lehmann S. Urban growth and waste management optimization towards ‘zero waste city’. City, Culture and Society, 2011, Vol 2(4), pp. 177-187

4. Eurostat. Waste statistics - Data extracted in June 2019 [Internet]. 2019. Available from: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics

5. Eurostat. Waste management indicators - Data extracted November 2019 [Internet]. 2019. Available from: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_management_indicators&oldid=461870

6. European Environment Agency (EEA). Guidance for evaluationg waste prevention programmes. 2021. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-prevention

7. EEA. Country profile. Overview of national waste prevention programmes in Europe.SPAIN, 2021. Dispnible en: https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-prevention/countries/spain-waste-prevention-country-profile-2021/view Comisión Europea. Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos. 2011.

8. Diario Oficial de la Unión Europea. Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. 2018.

9. Parlamento Europeo. Directiva (UE) 2018/852 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases. Diario Oficial de la Unión Europea 2018.

10. Diario Oficial de la Unión Europea. Directiva (UE) 2018/849 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifican la Directiva 2000/53/CE relativa a los vehículos al final de su vida útil, la Directiva 2006/66/CE relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y la Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. 2018.

11. Unión Europea. Directiva (UE) 2018/850 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos. 2018.

12. Diario Oficial de la Unión Europea. Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019 relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente. 2019.

13. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR). Madrid; 2015.

14. ECOEMBES. Resultados del Reciclaje 2019. 2020.

15. De La Barrera B, Hooda PS. Greenhouse gas emissions of waste management processes and options: A case study. Waste Manag Res. 2016;34(7):658–65.

16. Eurostat. Greenhouse gas emission statistics - emission inventories [Internet]. 2019. Available from: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics

17. Declaration of the Sixth Ministerial Conference on Environment and Health, Ostrava, Czech Republic, 13-15 June 2017. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/347444)

18. Pastor A., Martin-Olmedo P., Cáceres Monllor D., Martínez Thomas G.A., González Muñoz S. SALUD Y RESIDUOS-Residuos “no peligrosos”: Evidencia sobre los efectos en salud y retos para su mejor caracterización. Ministerio de Sanidad; 2022. Madrid. NIPO: 133-22-111-X.

19. Ministerio de Sanidad y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-Gobierno de España. Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente 2022-2026. Madrid, 2021

20. World Health Organization. Waste and human health: Evidence and needs. World Health Organization, regional office for Europe. Bonn,Germany: World Health Organization; 2015.

21. Tsatsakis AM, Docea AO, Tsitsimpikou C. New challenges in risk assessment of chemicals when simulating real exposure scenarios; simultaneous multi-chemicals’ low dose exposure. Food Chem Toxicol. 2016;96:174–6.

22. Kienzler A, Bopp SK, van der Linden S, Berggren E, Worth A. Regulatory assessment of chemical mixtures: Requirements, current approaches and future perspectives. Regul Toxicol Pharmacol. 2016;80:321–34.

23. Sand S, Lindqvist R, Von Rosen D, Ilback NG. Dose-related severity sequence, and risk-based integration, of chemically induced health effects. Toxicol Sci. 2018;165(1):74–89.

24. Giusti L. A review of waste management practices and their impact on human health. Waste Manag. 2009;29(8):2227–39. doi: 10.1016/j.wasman.2009.03.028

25. Vinti G, Bauza V, Clasen T, Medlicott K, Tudor T, Zurbrügg C, Vaccari M. Municipal Solid Waste Management and Adverse Health Outcomes: A Systematic Review.Int J Environ Res Public Health. 2021 Apr 19;18(8):4331. doi: 10.3390/ijerph18084331.

26. Martin-Olmedo P, Ranzi A, Santoro M, Dack S, de Hoogh K, Martuzzi M, Dogliotti E, Hoek G, Tomasova J, Dimovska M, Iavarone I. Methods and data needs to assess health impacts of chemicals in industrial contaminated sites. Epidemiol Prev. 2019 Jul-Aug;43(4):223-237. doi: 10.19191/EP19.4.A01.068.

27. Forastiere F, Badaloni C, de Hoogh K, von Kraus MK, Martuzzi M, Mitis F, Palkovicova L, Porta D, Preiss P, Ranzi A, Perucci CA, Briggs D. Health impact assessment of waste management facilities in three European countries. Environ Health. 2011 Jun 2;10:53. doi: 10.1186/1476-069X-10-53

28. Cordioli M, Ranzi A, De Leo G, Lauriola P. A review of exposure assessment methods in epidemiological studies on incinerators. J Environ Public Health. 2013;2129470. doi: 10.1155/2013/129470.

29. Pasetto R, Mattioli B, Marsili D (2019). Environmental justice in industrially contaminated sites. A review of scientific evidence in the WHO european region. International Journal of Environmental Research and Public Health 16(6). doi: 10.3390/ijerph16060998.

30. Davis LF, Ramírez-Andreotta MD (2021). Participatory Research for Environmental Justice: A Critical Interpretive Synthesis. Environ Health Perspect 129(2): 26001. doi: 10.1289/EHP6274.

31. Martín-Olmedo P., Carroquino Saltó MJ, Ordóñez Iriarte JM, Moya J. (editores). La Evaluación de riesgos en salud. Guía metodológica. Aplicaciones prácticas de la metodología de Evaluación de riesgos en salud por exposición a químicos. Madrid. Sociedad Española de Sanidad Ambiental y Escuela Andaluza de Salud Pública. Serie “De aeribus, aquis et locis”, nº 3. 2016. ISBN: 978-84-617-6362-7

32. US NRC (2006). Human biomonitoring for environmental chemicals, National Academies Press. Washington DC.

33. Hoek G, Ranzi A, Alimehmeti I, Ardeleanu E-R, Arrebola JP, Avila P, et al. A review of exposure assessment methods for epidemiological studies of health effects related to industrially contaminated sites. Epidemiol Prev. 2018;42(5-6S1):21–36.

34. Martin-Olmedo P, Hams R, Santoro M, Ranzi A, Hoek G, De Hoogh K, et al. Environmental and health data needed to develop national surveillance systems in industrially contaminated sites. Epidemiol Prev. 2018;42(5–6):11–20

35. Xu P, Chen Z, Wu L, Chen Y, Xu D, Shen H, et al. Health risk of childhood exposure to PCDD/Fs emitted from a municipal waste incinerator in Zhejiang, China. Sci Total Environ. 2019;689:937–44.

36. Yu Y, Yu Z, Sun P, Lin B, Li L, Wang Z, et al. Effects of ambient air pollution from municipal solid waste landfill on children’s non-specific immunity and respiratory health. Environ Pollut. 2018;236:382–90. doi: 10.1016/j.envpol.2017.12.094

37. U.S. EPA. (2004a) Example exposure scenarios. (EPA 600/R03/036). Washington, DC. https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=85843

38. Wu C, Liu J, Liu S, Li W, Yan L, Shu M, et al. Assessment of the health risks and odour concentration of volatile compounds from a municipal solid waste landfill in China. Chemosphere. 2018;202:1–8. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.068.

39. Shaddick G, Ranzi A, Thomas ML, Aguirre-Perez R, Dunbar Bekker-Nielsen M, Parmagnani F, et al. Towards an assessment of the health impact of industrially contaminated sites: waste landfills in Europe. Epidemiol Prev. 2018 Sep-Dec;42(5-6 Suppl 1):69-75. doi: 10.19191/EP18.5-6.S1.P069.089.

40. Mazzucco W, Tavormina E, Macaluso M, Marotta C, Cusimano R, Alba D, et al. Do emissions from landfill fires affect pregnancy outcomes? A retrospective study after arson at a solid waste facility in Sicily. BMJ Open. 2019 Jul 4;9(7):e027912. doi: 10.1136/bmjopen-2018-027912.

41. Mattiello A, Chiodini P, Bianco E, Forgione N, Flammia I, Gallo C, et al. Health effects associated with the disposal of solid waste in landfills and incinerators in populations living in surrounding areas: A systematic review. Int J Public Health. 2013 Oct;58(5):725-35. doi: 10.1007/s00038-013-0496-8.

42. Diario Oficial de la Unión Europea. Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación). 2010.

43. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos. Madrid; 2011

44. Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I, Jolley D, Grundy C, Walls P, et al. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. BBr J Cancer. 1996 Mar;73(5):702-10. doi: 10.1038/bjc.1996.122.

45. Ancona C, Badaloni C, Mataloni F, Bolignano A, Bucci S, Cesaroni G, et al. Mortality and morbidity in a population exposed to multiple sources of air pollution: A retrospective cohort study using air dispersion models. Environ Res. 2015 Feb;137:467-74. doi: 10.1016/j.envres.2014.10.036.

46. Ranzi A, Fano V, Erspamer L, Lauriola P, Perucci CA, Forastiere F. Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment. Environ Health. 2011 Mar 24;10:22. doi: 10.1186/1476-069X-10-22.

47. Michelozzi P, Fusco D, Forastiere F, Ancona C, Dell'Orco V, Perucci CA. Small area study of mortality among people living near multiple sources of air pollution. OOccup Environ Med. 1998 Sep;55(9):611-5. doi: 10.1136/oem.55.9.611.

48. Viel J-F, Arveux P, Baverel J, Cahn J-Y. Soft-Tissue Sarcoma and Non-Hodgkin's Lymphoma Clusters around a Municipal Solid Waste Incinerator with High Dioxin Emission Levels. Am J Epidemiol. 2000 Jul 1;152(1):13-9. doi: 10.1093/aje/152.1.13.

49. Cordier S, Lehébel A, Amar E, Anzivino-Viricel L, Hours M, Monfort C, et al. Maternal residence near municipal waste incinerators and the risk of urinary tract birth defects. Occup Environ Med. 2010;67(7):493–9

50. Parkes B, Hansell AL, Ghosh RE, Douglas P, Fecht D, Wellesley D, et al. Risk of congenital anomalies near municipal waste incinerators in England and Scotland: Retrospective population-based cohort study. Environ Int. 2020;134:104845.

51. Comba P, Ascoli V, Belli S, Benedetti M, Gatti L, Ricci P, Tieghi A. Risk of soft tissue sarcomas and residence in the neighbourhood of an incinerator of industrial wastes. Occup Environ Med. 2003 Sep;60(9):680-3.doi: 10.1136/oem.60.9.680.

52. Zambon P, Ricci P, Bovo E, Casula A, Gattolin M, Fiore AR, Chiosi F, Guzzinati S. Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy). Environ Health. 2007 Jul 16;6:19. doi: 10.1186/1476-069X-6-19.

53. Norsa'adah B, Salinah O, Naing NN, Sarimah A. Community Health Survey of Residents Living Near a Solid Waste Open Dumpsite in Sabak, Kelantan, Malaysia. Int J Environ Res Public Health. 2020 Jan 2;17(1):311. doi: 10.3390/ijerph17010311.

54. Mataloni F, Badaloni C, Golini MN, Bolignano A, Bucci S, Sozzi R, et al. Morbidity and mortality of people who live close to municipal waste landfills: a multisite cohort study. Int J Epidemiol. 2016;45(3):806–15. doi: 10.1093/ije/dyw052

55. Robertson S, Douglas P, Jarvis D, Marczylo E. Bioaerosol exposure from composting facilities and health outcomes in workers and in the community: A systematic review update. Int J Hyg Environ Health. 2019 Apr;222(3):364-386. doi: 10.1016/j.ijheh.2019.02.006.

56. Douglas P, Bakolis I, Fecht D, Pearson C, Leal Sanchez M, Kinnersley R, et al. Respiratory hospital admission risk near large composting facilities. Int J Hyg Environ Health. 2016;219(4–5):372–9.

57. Williams B, Douglas P, Roca Barcelo A, Hansell AL, Hayes E. Estimating Aspergillus fumigatus exposure from outdoor composting activities in England between 2005 and 14. Waste Manag. 2019;84:235–44.doi: 10.1016/j.wasman.2018.11.044

Referencias Tabla 1:

1. Roper S, Parker C. How (and Where) The Mighty Have Fallen: Branded Litter. J Mark Manag. 2006;22(5–6):473–87. doi.org/10.1362/026725706777978659

2. Nie E, Zheng G, Shao Z, Yang J, Chen T. Emission characteristics and health risk assessment of volatile organic compounds produced during municipal solid waste composting. Waste Manag. 2018;79:188–95.

3. Pivnenko K, Olsson ME, Götze R, Eriksson E, Astrup TF. Quantification of chemical contaminants in the paper and board fractions of municipal solid waste. Waste Manag. 2016;51:43–54.

4. Vellini M, Savioli M. Energy and environmental analysis of glass container production and recycling. Energy. 2009;34(12):2137–43.

5. Grant K, Goldizen FCFC, Sly PDPD, Brune M-NM-N, Neira M, van den Berg M, et al. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. Lancet Glob Heal. 2013;1(6):e350-61..

6. Akram R, Natasha, Fahad S, Hashmi MZMZ, Wahid A, Adnan M, et al. Trends of electronic waste pollution and its impact on the global environment and ecosystem. Environ Sci Pollut Res Int. 2019;26(17):16923–38.

7. Afolayan AO. Accumulation of Heavy Metals from Battery Waste in Topsoil, Surface Water, and Garden Grown Maize at Omilende Area, Olodo, Nigeria. Glob Challenges. 2018;2(3):1700090.

8. Zhang J, Chen C, Zhang X, Liu S. Study on the Environmental Risk Assessment of Lead-Acid Batteries. Procedia Environ Sci. 2016;31:873–9. doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.103

9. Awere E, Obeng PAA, Bonoli A, Obeng PAA. E-waste recycling and public exposure to organic compounds in developing countries: a review of recycling practices and toxicity levels in Ghana. Environ Technol Rev. 2020;9(1):1–19. doi.org/10.1080/21622515.2020.1714749

10. Khan S, Malik A. Environmental and health effects of textile industry wastewater. In: Environmental Deterioration and Human Health: Natural and Anthropogenic Determinants. Springer Netherlands; 2014. p. 55–71. doi: 10.1007/978-94-007-7890-0_4

11. Kant R. Textile dyeing industry an environmental hazard. Nat Sci. 2012;04(01):22–6. doi:10.4236/ns.2012.41004

12. Wang Y, Zhang R, Lei Y, Song L. Antibiotic resistance genes in landfill leachates from seven municipal solid waste landfills: Seasonal variations, hosts, and risk assessment. Sci Total Environ. 2022 Sep 9:158677. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.158677.

13. Letho Z, Yangdon T, Lhamo C, Limbu CB, Yoezer S, Jamtsho T, Chhetri P, Tshering D. Awareness and practice of medical waste management among healthcare providers in National Referral Hospital. PLoS One. 2021 Jan 6;16(1):e0243817. doi: 10.1371/journal.pone.0243817

14. World Health Organization. Management of Solid Health-Care Waste at Primary Health-Care Centres A Decision-Making Guide WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Management of solid health-care waste at primary health-care centres : a decision-making guide. 2005.

15. Hosseinzadeh-Bandbafha H., Nizami A., Kalogirou S.A:, Gupta VK., Park Y-K., et al. Environmental life cycle assessment of biodiesel production from waste cooking oil: A systematic review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2022; 161:112411. doi.org/10.1016/j.rser.2022.112411

16. Geueke B, Groh KJ, Maffini MV, Martin OV, Boucher JM, et al. Systematic evidence on migrating and extractable food contact chemicals: Most chemicals detected in food contact materials are not listed for use. Crit Rev Food Sci Nutr. 2022 May 18:1-11. doi: 10.1080/10408398.2022.2067828.

17. Zimmermann L, Scheringer M, Geueke B, Boucher JM, Parkinson LV, Groh KJ, Muncke J. Implementing the EU Chemicals Strategy for Sustainability: The case of food contact chemicals of concern. J Hazard Mater. 2022 Sep 5;437:129167. doi: 10.1016/j.jhazmat.2022.129167

18. Jadhav EB., Sankhla MS,. Bhat RA, Bhagat DS. Microplastics from food packaging: An overview of human consumption, health threats, and alternative solutions. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 2021; 16: 100608. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100608

19. Karbalaei S, Hanachi P, Walker TR, Cole M. Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. Environ Sci Pollut Res Int. 2018;25(36):36046–63. doi.org/10.1007/s11356-018-3508-7

20. Horner JM. Environmental health implications of heavy metal pollution from car tires. Rev Environ Health. 1996;11(4).

21. Nadal M, Rovira J, Díaz-Ferrero J, Schuhmacher M, Domingo JL. Human exposure to environmental pollutants after a tire landfill fire in Spain: Health risks. Environ Int. 2016;97:37–44.

22. Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias. Plan Nacional de preparación y respuesta frente a enfermedades trasmitidas por vectores. Parte I: Dengue, Chikungunya y Zika. Madrid; 2016.

23. Correspondencia: piedad.martin.easp@juntadeandalucia.es