

## BASURA ELECTRÓNICA: CUANDO EL PROGRESO ENFERMA AL FUTURO

Hernán Urbina Joiro<sup>1</sup>

Es una sombría paradoja que los aparatos que surgieron para apuntalar el futuro hayan empezado a enfermar al futuro mismo: madres embarazadas, niños y jóvenes en regiones vulnerables, como son la mayoría de regiones en el mundo.

### INTRODUCCIÓN

*Basura electrónica* es todo desecho de un dispositivo diseñado para funcionar con energía eléctrica de redes públicas, baterías u otros campos electromagnéticos. También se conoce como *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)* o *Waste Electrical (e-Waste)* (1). Los aparatos electrónicos funcionales, en estado íntegro, no son *basura electrónica*, ni fuentes activas de *residuos peligrosos*, que en ese estado de funcionalidad están convenientemente empaquetados y en estado no dispersivo. Habría que destrozarse e incinerar estos aparatos funcionales, tal como se hace en el reciclaje primitivo, para que sean liberados esos *residuos peligrosos*.

¿Qué son los *residuos peligrosos* –la gran amenaza que encarna la *basura electrónica*–? El Convenio de Basilea (2) establece que son *residuos*

*peligrosos*, entre otros, los desechos que contengan retardantes de llama policlorados y polibromados; metales pesados como el cromo hexavalente, cadmio, plomo, mercurio, o cobre, también tóxicos derivados de la incineración como los dibenzofuranos y dibenzoparadióxinas –todos típicos de la *basura electrónica*– e incluso señala como *residuo peligroso* a la *basura con montajes eléctricos y electrónicos* –incluidos los cables eléctricos. De modo que  toda basura electrónica contiene y genera residuos peligrosos y debe manejarse toda como tal: como basura peligrosa. Por ello la Directiva vigente de la Unión Europea sobre *residuos eléctricos y electrónicos* (3) exige que todos los aparatos eléctricos y electrónicos lleven un símbolo que impida que vayan al cesto de la basura (figura 1).



Figura 1.

<sup>1</sup> MD. Reumatólogo. Miembro de Número de la Academia de Medicina de Cartagena y de la Academia Nacional de Medicina.

Advierte la Directiva Europea que en los residuos electrónicos seguirán presentes durante muchos años, sustancias peligrosas como el mercurio, el cadmio, el plomo, el cromo hexavalente y los policlorobifenilos (PCB), que la recogida separada de estos residuos es condición previa para asegurar el tratamiento y reciclado específicos para alcanzar el nivel deseado de protección de la salud humana y del medio ambiente, que debe informarse a los usuarios sobre cómo deshacerse responsablemente de sus aparatos electrónicos y sobre los efectos potenciales sobre el medio ambiente y la salud humana como consecuencia de la presencia de sustancias peligrosas en los aparatos eléctricos y electrónicos (4).

Sin embargo, los *residuos peligrosos* son susceptibles de reciclar y de comercializar. Hasta un 90% de los componentes de los aparatos eléctricos y electrónicos son reciclables y comercializables (5). Tal como lo acaba de expresar la Organización Mundial de la Salud, en su Declaración de Ginebra de 2013 (6), razones comerciales o políticas –o temores infundados– no deben imponerse sobre las acciones que debemos desplegar para defendernos de la *basura electrónica*, y hay que agregar: que la *basura electrónica* reciclada debidamente puede convertirse en buena fuente de recursos económicos y no ser el problema global que hoy representa.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) estimó en 2010 que la *basura electrónica* crecía a un ritmo de 40 millones de toneladas al año, que la cantidad anual crecía 3 veces más rápido que el resto de desechos sólidos y que apenas se reciclaba entre un 5 al 10% (7). La iniciativa de la Universidad de Naciones Unidas para resolver el problema de la *basura electrónica* –StEP E-waste– proyecta que en el año de 2017 se generarán alrededor de 65 millones de toneladas de *basura electrónica* en el mundo (8). En los países

en desarrollo no hay estudios satisfactorios sobre la dinámica y el impacto de la *basura electrónica*. Los Laboratorios Federales Suizos para Pruebas de Materiales e Investigación (EMPA) proyectaron en el año 2008 que en Colombia habría una acumulación de cerca de 140.000 toneladas de *basura electrónica* para 2013 (9). Más recientemente se difundió una proyección encargada por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) que estima un aumento de esa acumulación a un millón de toneladas en 2018 (10).

En el crecimiento temible de la *basura electrónica* no sólo ha incidido el aumento de la producción y el mercadeo mundial de aparatos electrónicos (11), sino también el acortamiento de la vida media útil de estos aparatos (12), el hecho de que para la población resulte más barato sustituir que reparar un aparato (13), pero también ha incidido a falta de alternativas para la destinación de los dispositivos electrónicos inservibles (14), cuestión que hasta estimula la exportación de la *basura electrónica* a países subdesarrollados, pese a las prohibiciones (15-16) como lo denuncian estudios que estiman que entre el 50% y el 80% de los desechos electrónicos de EEUU, Japón y la Unión Europea se transporta a vertederos localizados en China, India, Nigeria, Pakistán y Gahna (17). Hoy se considera a la ciudad china de Guiyu, de unos 150.000 habitantes en estos días, como el mayor basurero electrónico del mundo, en donde cerca del 95% de sus habitantes trabaja en el reciclaje primitivo de la *basura electrónica* (18).

Otro fenómeno preocupante lo ha señalado Naciones Unidas: la alta acumulación de *basura electrónica* en los hogares, que en algunas regiones puede llegar a corresponder hasta el 80% del total de estos residuos (19). Para agravar el estado de cosas, la *basura electrónica* además puede llegar como aparatos recertificados o productos de se-

gunda mano de muy corta vida (20) y el control en países en desarrollo es más difícil por la entrada de productos electrónicos de contrabando y la comercialización de aparatos copiados o «clones». Pero el factor más ominoso es que, fuera de ser la basura que más crece y que crecerá en el mundo, la *basura electrónica* se intenta reciclar en casi todo el planeta por métodos primitivos (21), lo que agrava su poder contaminante por una mezcla de más de mil *residuos peligrosos* que amenazan especialmente a mujeres embarazadas, niños, recicladores de todas las edades y población cercana a los vertederos y sitios de reciclaje informal (22). En esta mezcla tóxica se cuentan no sólo metales pesados como mercurio, níquel, cadmio, cromo o plomo, sino además diversos metaloides, centenares de retardantes de llama polibromados y policlorados, dioxinas y carbohidratos poliaromáticos que se liberan con la incineración, ésteres de ácido ftálico utilizados en la plastificación de los aparatos (23-24) entre otros *residuos peligrosos* no biodegradables y de larga vida media (25). Ya se sabe que muchos de estos *residuos peligrosos* pueden contaminar lugares distantes, a decenas de kilómetros del depósito original, por transporte atmosférico y bioacumulación (26).

Otro agravante del problema es la poca o nula información que tienen el público y las personas que manipulan *basura electrónica*. En julio de 2013 la ONU publicó la primera gran encuesta entre recicladores de *basura electrónica* y se apreció que, de momento, los computadores y los televisores son los principales componentes de la *basura electrónica*, son desmontados a mano y quemados para separar el plástico del metal y que el resto es arrojado al medioambiente con otros residuos; la mayoría de los recicladores encuestados no es consciente del impacto negativo de la *basura electrónica* en el ambiente o la salud de los seres humanos (27). La *Fundación Humanidad Ahora* entrevistó en julio de

2014 a tres recicladores primitivos de *basura electrónica* en Cartagena de Indias, que dejaron claro que desconocían el poder contaminante que tiene la *basura electrónica*. «Nadie me ha dicho que esto es peligroso», fue la frase original expresada por uno de ellos y parafraseada por el resto de los entrevistados. Los tres se mostraron muy inquietos tras conocer la capacidad tóxica de la *basura electrónica* (28).

Otro aspecto aciago lo constituye el tráfico ilegal y el pillaje de *basura electrónica* para alimentar subterráneamente a las industrias. El periodista español Antonio Cerrillo ha denunciado que transportistas y recogedores clandestinos desvían residuos electrónicos del circuito oficial, que hacen acopio de ellos, los desguazan y venden por su cuenta, que los asaltos a los puntos limpios de acopio de *basura electrónica* son continuos, que incluso los robos nocturnos han obligado a recurrir a la protección con guardas (29). La revista *Humanidad Ahora* publicó en su primer número una denuncia de presunto tráfico de *basura electrónica* en Cartagena de Indias.

¿Por qué el tráfico ilegal y el crimen están asociados a la *basura electrónica*? La respuesta es: porque el comercio ilegal de *basura electrónica* es un enorme negocio. De acuerdo al sitio en internet especializado en reciclado, Recycler's World, en 2005 los circuitos impresos valían US\$1.080 por tonelada, los circuitos impresos seleccionados se cotizaban en US\$26.832 por tonelada y las tarjetas inteligentes de móviles o SIM Card se vendían a US\$33.000 por tonelada. Por otra parte, Business Communications Company calculó que en 2009 el mercado mundial de residuos electrónicos era de 11.000 millones dólares.

## 1. IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE

Actualmente los mejores estudios sobre el impacto de la *basura electrónica* en el medioambiente

proviene de los grandes basureros electrónicos de China. Muestras de la población china de Guiyu, revelaron que en allí las concentraciones de metales pesados disueltos fueron mayores –hasta 18 veces más– en sus ríos Lianjiang y Nanyang–, en comparación con aguas dulces distantes del basurero electrónico más grande del mundo. La composición isotópica del plomo disuelto confirmó que más de un plomo no autóctono, proveniente de fuera de Guiyu, estaba en las aguas de los ríos Lianjiang y Nanyang (30).

Otro trabajo estudió los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs) –tóxicos que se forman durante la combustión de la *basura electrónica*–, en el suelo de Guiyu. Se analizaron 49 muestras de suelo, desde 0 a 10 centímetros de la capa de tierra. Las concentraciones de los PAHs resultaron hasta 25 veces más altas que en el sitio control– (31). Una investigación en la provincia china de Zhejiang, otra zona de basureros electrónicos, reveló que el contenido de Bifenilos Policlorados (PCBs) –retardantes de llama– en el suelo, así como la cantidad de partículas en el aire de diámetro menor o igual a 10 micrones (PM10), fueron significativamente más altas en Luqiao y Zhenhai, ciudades de Zhjiang, respecto a Longyou, el área de control (32).

La contaminación por Ésteres de Ácido Ftálico (PAES) –utilizados en la plastificación de los aparatos electrónicos– fue estudiada en plantaciones y tierras de Taizhou, otra reconocida zona de reciclaje de *basura electrónica* en el sur de China. Las muestras de suelo y de plantas en huertos, parcelas, abono verde, parcelas en barbecho para inundaciones y períodos secos fueron analizadas. Las concentraciones de los PAES en Taizhou se encontraron aumentadas hasta 17,9 veces más que en el sitio control (33). Otro estudio indagó los niveles de metales pesados en el arroz en la mis-

ma población de Taizhou. Se estudiaron muestras de arroz pulido, de casco de arroz y de suelos. Las concentraciones medias de cadmio, cobre y mercurio en las muestras de suelo fueron hasta 4 veces mayores a la concentración máxima permisible (MAC). La media de plomo en el arroz pulido fue 3,5 veces más que el MAC y el contenido de cadmio también fue superior al MAC (34).

En otra investigación se midieron los niveles de retardantes de llama halogenados en los huevos de gallina producidos en hogares de tres sitios de reciclaje de residuos electrónicos en la provincia de Guangdong y las mediciones se compararon con las de los huevos de gallina de un sitio control. Se estudiaron los retardantes de llama halogenados regulados, como también varios retardantes alternativos. Los retardantes predominante en los huevos fueron los bifenilos polibromados (PBDE), casi en un 50%. Los niveles medios de los retardantes de llama llegaron hasta 14.100ng/g de peso en lípidos, nivel alarmantemente superior a lo permitido en huevos de EEUU y España: niveles inferiores a 1,5 ng/g de peso en lípidos. La ingesta promedio diaria de retardantes de llama se estimó hasta de 20.000 ng/día, respectivamente, lo que los propios autores resaltan como lo más alto hasta ahora reportado en el mundo (35).

En otro trabajo se encontró que el pescado Carpa Cabezona –de agua dulce– en Guiyu contiene un nivel extremadamente alto de PBDE residuales ( $11.400 \pm 254$  ng/g de peso húmedo) en comparación con los mismos peces de sitios como Taizhou y Lin'an. Es también la cifra más alta de contaminación informada hasta ahora en el mundo para este tipo de alimento. Las entrevistas semicuantitativas mostraron que los residentes de Guiyu tenían una ingesta dietética de PBDE de  $931 \pm 772$  ng/kg/día, lo que supera en nueve veces la referencia EPA de los EE.UU. (100 ng/kg/día) (36). Los niveles de

retardantes de llama organohalogenados también fueron medidos en suero humano en un sitio de reciclaje electrónico en Tianjin y fueron comparados con mediciones en una zona de control al norte de China. Las concentraciones medias oscilaron entre 1,5 y 7,4 veces mayores que los del grupo control (37).

Un examen del riesgo por exposición a policlorodibenzofuranos (PCDF) y policlorodibenzodioxinas (PCDD) en los basureros electrónicos de Guiyu y Taizhou mostró que las dosis de exposición estimada mediante la ingesta alimentaria, la inhalación, la ingestión de suelo/polvo y el contacto dérmico en los adultos, niños y bebés lactantes llegó hasta 105,16 pg EQT-OMS/ kg de peso corporal/día, lo que supera en más de 100 veces la ingesta diaria tolerable recomendada por la OMS (1-4 pg EQT-OMS/ kg de peso corporal/día). La ingesta alimentaria es la vía de exposición más importante, contribuyendo entre 60 al 99% de la ingesta total. La inhalación es la segunda vía, representando entre el 12 y el 30% de la dosis de exposición de niños y adultos (38).

En Longtang, sur de China, se estudió en el polvo, el suelo y los sedimentos la distribución de las dibenzo-p-dioxinas y dibenzo-furanos (PCDD/Fs), tóxicos provenientes de la combustión de la *basura electrónica*. Las concentraciones de PCDD/Fs totales llegaron hasta 234.292 ng/kg en las muestras, mediciones extremadamente altas en comparación a lo reportado, y se asociaron a la quema a cielo abierto y el desmantelamiento primitivo de la *basura electrónica* en Longtang. El bruto estimado de la ingesta total de PCDD/F dosis también superó con creces el valor de ingesta diaria de tolerancia recomendado por la OMS (39).

El contenido de mercurio fue medido en el cabello de un grupo de voluntarios en Guiyu y las concentraciones de mercurio fueron hasta 4

veces más altas que en voluntarios de Jinping. Un modelo de regresión logística mostró que los hogares que sirvieron como taller de reciclaje de *basura electrónica*, el bajo ingreso familiar, mayor tiempo de residencia en Guiyu y de trabajo en reciclaje, menor distancia entre el hogar y el sitio de reciclaje, la incineración de residuos y el consumo de pescado se asoció con mayor concentración de mercurio en el cabello. Un análisis de regresión múltiple también encontró asociación entre altos niveles de mercurio con la frecuencia de ingesta de mariscos (40).

Los trabajos realizados en India informan parecidas conclusiones a las recabadas en China: los residuos electrónicos son una amenaza emergente para el medio ambiente de la India urbana por la presencia de metales pesados y retardantes de llama, liberados por prácticas precarias de reciclaje de *basura electrónica*, como la incineración y el uso de solventes (41,42). Una inquietante investigación pone de presente que los riesgos por los grandes basureros electrónicos también podrían ser generados por basureros más pequeños, que son la mayoría en el planeta. Se estudió la distribución de plomo, cobre y zinc en el suelo de un taller informal de reciclaje de residuos electrónicos de 10 x 14 metros de superficie, muy cerca del área metropolitana de Manila, Filipinas. El suelo de la superficie del taller se encontró contaminado con plomo, cobre y zinc decenas de veces más que un sitio control. El análisis de la variabilidad de los metales pesados reveló fuga en rangos tóxicos aún a 12 metros fuera del taller (43).

Otra preocupante investigación dio a conocer que la contaminación por tóxicos provenientes de un *basurero electrónico* podría llegar hasta 50,6 kilómetros de distancia, tal como lo sugiere la comparación de concentraciones de bifenilos policlorados (PBDE) en el suero de residentes de Guiyu

y en el suero de pobladores de Haojiang, donde domina la industria pesquera. Ambas poblaciones distan 50,6 kilómetros de distancia y los niveles de los PBDE no difirieron significativamente entre sus pobladores, siendo Haojiang un pueblo pesquero y no una zona donde influya el reciclaje de *basura electrónica*. Se postula que la contaminación en Haojiang sea a través del transporte atmosférico desde la ciudad de Guiyu (44).

## 2. IMPACTO EN LOS SERES HUMANOS

Una extensa revisión divulgada por la revista Lancet, en su suplemento mensual The Lancet Global Health (45), abarcó cinco bases de datos médicos (PubMed, Embase, Web of Science, PsycNET y CINAHL) de donde se seleccionaron los mejores estudios publicados entre los años de 1965 y 2012 sobre la asociación entre la exposición a la *basura electrónica* y trastornos en la salud. De 2.274 registros se escogieron 23 estudios por su rigor metodológico y todos fueron realizados en el sudeste de China.

Seis trabajos indagaron sobre efectos negativos en la gestación relacionables con los tóxicos derivados de la *basura electrónica*, entre población expuesta y trabajadores de su reciclaje, comparados con grupos control. Con excepción de uno sólo de estos trabajos, que sólo indagó por los niveles de cromo en sangre de cordón umbilical –que luego veremos cómo afecta la función pulmonar y el ADN–, el resto de estudios informaron asociación significativa con efectos adversos en el desarrollo fetal y el resultado final del embarazo atribuibles a altos niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos, retardantes de llama y metales pesados como el plomo. Los efectos adversos incluyeron muerte fetal, malformaciones, retardo en el crecimiento y el peso de los recién nacidos, partos prematuros y sufrimiento fetal asociado a niveles de Apgar desfavorables (46).

Cinco trabajos mostraron una fuerte asociación entre tóxicos provenientes de la *basura electrónica* y alteraciones genéticas entre población expuesta y los trabajadores del reciclaje, comparados con grupos control sin exposición a la *basura electrónica*. Las alteraciones incluyeron mayor incidencia de células binucleadas en la sangre periférica, tal como se observa en algunas neoplasias hematológicas. En uno de los estudios se analizó el ADN de estos recicladores por electroforesis y se encontraron mayores alteraciones en el ADN en comparación con los sujetos controles y asociado con altos niveles de cromo. La expresión del ARN mitocondrial en los espermatozoides y en la placenta de recicladores de *basura electrónica* se detectó disminuida significativamente. Dos estudios asociaron la exposición a *basura electrónica* con baja expresión de ARN mitocondrial en espermatozoides y placenta. Otro estudio asoció específicamente al cadmio con la expresión disminuida de las Metalotioninas, proteínas que protegen precisamente contra los metales pesados (47).

El impacto negativo en el crecimiento infantil asociado exposición de tóxicos provenientes de la *basura electrónica* también fue indagado en niños mayores comparados con un grupo control sin exposición a la *basura electrónica*. Los altos niveles de manganeso y níquel, evidenciados en una muestra de 144 muchachos entre los 8 y 13 años de edad, correlacionaron negativamente con la estatura, el peso y el índice de masa corporal de estos jóvenes (48).

Los efectos adversos en la función pulmonar de niños y jóvenes a consecuencia de la exposición a la *basura electrónica* fueron averiguados en el mismo grupo anterior de jóvenes entre los 8 y 13 años de edad, comparados con un grupo control sin exposición a la *basura electrónica*. La capacidad pulmonar vital forzada de estos chicos se encontró

significativamente deprimida y asociada a altos niveles de cromo y níquel en la sangre (49).

La alteración en la función tiroidea de madre y criatura gestante, relacionada con la exposición a la *basura electrónica*, también fue puesta en evidencia en esta revisión. Entre 93 mujeres, comparadas con grupos controles sin exposición a la *basura electrónica*, se encontró significativamente elevada la TSH y deprimida la producción de T4, y lo mismo se pudo constatar en la sangre del cordón umbilical de sus bebés (50). Otro trabajo informó que los retardantes de llama policromados se asociaban con estos hallazgos negativos en la función tiroidea de madres gestantes y sus criaturas (51).

La revisión de Lancet también indagó sobre el impacto en la salud mental de los niños expuestos a la *basura electrónica*. En un grupo de 303 niños entre los 3 y los 7 años de edad, comparados con un grupo control sin exposición a la *basura electrónica*, se encontraron niveles séricos altos de plomo en comparación con niños controles, y se halló asociación entre esos niveles altos de plomo con alteraciones negativas en el temperamento, el comportamiento y la adaptabilidad (52). En otro estudio sobre 152 recién nacidos, comparados con un grupo control sin exposición a la *basura electrónica*, los niveles de plomo correlacionaron significativamente con la presencia de meconio, alteraciones en el tono muscular, bajos puntajes en otras pruebas neurológicas y en el comportamiento esperable para sus edades (53).

Entre los mecanismos por los cuales las neurotoxinas de la *basura electrónica* amenazan a los niños se han postulado alteraciones en la transmisión neuronal dopaminérgica y glutamínérgica, trastornos de la función neuroendocrina –como la función tiroidea– y alteraciones en la expresión genética, que hacen de la exposición

ambiental a plomo, cadmio, cromo, difenil éteres polibromados, bifenilos policlorados e hidrocarburos aromáticos policíclicos provenientes de la *basura electrónica* variables de alto riesgo para desarrollar trastornos cognitivos, motores y en el comportamiento (54).

En Guiyu se estudió el riesgo para la salud ósea por el plomo proveniente de la *basura electrónica* en 246 niños, entre los 3 y los 8 años, comparados con un grupo control sin exposición a la *basura electrónica*. Se midió el nivel sérico de plomo, pero también los niveles de calcio, osteocalcina, fosfatasa alcalina ósea en suero y deoxipiridinolina urinaria, todos biomarcadores del metabolismo óseo. También se midieron altura, peso y circunferencia de la cabeza y el pecho. El análisis de regresión lineal múltiple correlacionó negativamente los niveles de plomo con la altura y el peso, y positivamente con marcadores de la resorción ósea. La exposición al plomo afectó el desarrollo físico y la resorción ósea en los niños de Guiyu (55).

Un aumento de ocurrencia de enfermedades genitales y de fertilidad asociados a la exposición a la *basura electrónica* fue encontrado entre recicladores informales de Guiyu con vida sexual activa. Se recolectó información de casos ambulatorios entre los años 2001-2009 en Guiyu y además en un hospital que sirvió de control. La prevalencia de enfermedades genitales fue mayor en Guiyu, donde también fue mayor la prevalencia de prospermia, azoospermia, astenospermia, y esterilidad masculina de etiología desconocida comparada con la de un hospital control (56).

Finalmente, la Organización Mundial de la Salud ha sentado en junio de 2013, en la *Declaración de Ginebra sobre la basura electrónica y la salud infantil* (57), entre otros conceptos avizores:

1. Que la evidencia de asociaciones entre la exposición a los residuos electrónicos y los efectos adversos para la salud van en aumento. Las asociaciones se han reportado entre la exposición a los residuos electrónicos y la función tiroidea alterada, función pulmonar reducida, resultados negativos en nacimientos, crecimiento infantil reducido, salud mental y desarrollo cognitivo alterados y genotoxicidad.
2. El riesgo de efectos adversos a la salud va más allá de los individuos expuestos ocupacionalmente. Por medio de transporte ambiental (incluyendo la transferencia a los hogares a través de la ropa de trabajo), la bioacumulación y la persistencia de estos compuestos en el medio ambiente, los seres humanos a bastante distancia de los sitios de reciclaje de residuos electrónicos también pueden ser peligrosamente expuestos.
3. Sostenemos que la actual información científica es suficiente para apoyar nuestra preocupación. La necesidad de pruebas adicionales, si fuera necesario, no debería retrasar la acción reguladora, y los intereses comerciales o políticos no debe tener prioridad sobre las consecuencias adversas para la salud asociados con los desechos electrónicos.

### 3. NORMATIVIDAD Y CONCLUSIONES

En países en desarrollo, como Colombia, no hay investigaciones satisfactorias sobre el impacto de la *basura electrónica* en el medioambiente y la salud de los seres humanos, y ningún esfuerzo realizado permite afirmar que siquiera un 10% de la *basura electrónica* sea reciclada real y debidamente. No se sabe con certeza cuánto se deposita en vertederos legales e ilegales, muchos de ellos

cuerpos de aguas. La normatividad es ambigua y puede inducir al error de manejar como residuos inocuos o corrientes lo que son enteramente *residuos peligrosos*. En Colombia, la Ley 1672 de 2013 (58) intenta establecer lineamientos en el mediano y largo plazo, pero establece ambigüedades que pueden llevar a pensar que buena parte de la *basura electrónica* no es peligrosa, cuando, enteramente lo es, por ser siempre fuente de residuos peligrosos:

*Artículo 1° [...] Los RAEE son residuos de manejo diferenciado. Artículo 4° [...] RAEE comprende todos aquellos componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte del producto en el momento en que se desecha, salvo que individualmente sean considerados peligrosos. Artículo 6° [...] El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o de quien disponga para tal efecto, establecerá los lineamientos y requisitos que deberán tener los sistemas de recolección y gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), en especial para aquellos residuos que contienen sustancias o materiales que puedan afectar la salud o el ambiente.*

Esta Ley falla peligrosamente al no considerar sin rodeos que toda basura electrónica es poderosa fuente de residuos peligrosos para el hombre y el medio ambiente, y más bien da la impresión de que la *basura electrónica* sólo sería peligrosa de manera excepcional.

En este momento la Academia Nacional de Medicina de Colombia y la Fundación Humanidad Ahora preparan una *Iniciativa contra la Basura Electrónica*, con el concurso de grandes organizaciones internacionales que velan por la salud del medio ambiente y de los seres humanos.



## REFERENCIAS

1. United Nations Environment Programme (UNEP). *Basel convention on the control of transboundary movements of hazardous waste and their disposal*. 1989. <<http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-e->>.
2. United Nations Environment Programme (UNEP). *Basel convention on the control of transboundary movements of hazardous waste and their disposal*, op. cit.
3. Unión Europea. *Directiva 2012/19/ UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*. Diario Oficial de la Unión Europea.
4. Unión Europea. *Directiva 2012/19/ UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*, op. cit.
5. Unesco. *Los residuos electrónicos: un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe*. Montevideo. 2010.
6. World Health Organization (WHO). The Geneva Declaration on E-waste and Children's Health. June 2013.
7. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). *Informe del 22 de febrero de 2010*. <[http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=17709#.VFKc6tEtA\\_M](http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=17709#.VFKc6tEtA_M)>.
8. StEP E-waste WorldMap. 16 de septiembre 2014. <[www.step-initiative.org/index.php/WorldMap.htm](http://www.step-initiative.org/index.php/WorldMap.htm)>.
9. Ott. D. *Gestión de residuos electrónicos en Colombia*. 2008, EMPA.
10. Salamanca Galvis Lizeth y Cerón Coral, Claudia. *Basura Tecnológica*. Bogotá. El Tiempo. 6 de agosto de 2014.
11. Babu R, Parande AK, Basha AC: *Electrical and electronic waste: a global environmental problem*. Waste Manag Res 2007, 25:307–318.
12. Santhanam Needhidasan, Melvin Samuel, Ramalingam Chidambaram. *Electronic waste – an emerging threat to the environment of urban India*. Journal of Environmental Health Science & Engineering 2014, 12:36 <<http://www.ijehse.com/content/12/1/36>>.
13. Ogunseitán OA, Schoenung JM, Saphores JD, Shapiro AA. 2009. *Science and regulation. The electronics revolution: from e-wonderland to e-wasteland*. Science 326:670–671.
14. Ogunseitán OA, Schoenung JM, Saphores JD, Shapiro AA. 2009. *Science and regulation. The electronics revolution: from e-wonderland to e-wasteland*, op. cit.
15. Puckett J, Byster L, Westervelt S. *Exporting Harm: The high-tech trashing of Asia, the basel action network (BAN) and Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC)*. 2002. <<http://www.ban.org/E-waste/tech-notrashfinalcomp.pdf>>.
16. LaDou J, Lovegrove S. 2008. *Export of electronics equipment waste*. Int J Occup Environ Health 14:1–10.
17. LaDou J, Lovegrove S, op. cit.
18. Watson Ivan. China: *The electronic wastebasket of the world*. CNN World. <<http://www.cnn.com/2013/05/30/world/asia/china-electronic-waste-e-waste>>.
19. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). *Informe del 22 de febrero de 2010*, op. cit.
20. LaDou J, Lovegrove S. 2008. *Export of electronics equipment waste*, op. cit.
21. Cui J, Zhang L: *Metallurgical recovery of metals from electronic waste: a review*. J Hazard Mater 2008, 158:228–256.
22. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review*. Lancet Glob Health. Vol 1. December 2013, pag. 351. <[http://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(13\)70101-3/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(13)70101-3/fulltext)>.
23. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review*, op. cit.
24. Santhanam Needhidasan et al. *Electronic waste – an emerging threat to the environment of urban India*, op. cit, pag. 2.
25. Editorial. *Electronic waste—time to take stock*. www.thelancet.com Vol 381 June 29, 2013.
26. Bi X., Thomas GO, Jones KC, Qu W, Sheng G, Martin FL, Fu J. *Exposure of electronics dismantling workers to polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, and organochlorine pesticides in South China*. Environ Sci Technol. 2007 Aug 15; 41(16):5647-53.
27. United Nations University and Institute for Sustainability & Peace. *UNU & WHO Survey on E-waste and its Health Impact on Children*. Ruediger Kuehr & Federico Magalini (UNU-ISP SCYCLE). Final Report 31st July 2013.

28. Revista Humanidad Ahora. *Entrevista a recicladores de basura electrónica*. Colombia. 2014. Año 1. N. 1.: 15-19.
29. Cerrillo, Antonio. *Dos tercios de los residuos electrónicos quedan fuera de control*. Barcelona. La Vanguardia. 29 de mayo de 2014. <<http://www.la-vanguardia.com/tecnologia/20140529/54408461585/residuos-electronicos-fuera-control.html>>.
30. Wong CS, Duzgoren-Aydin NS, Aydin A, Wong MH. Guiyu. *Evidence of excessive releases of metals from primitive e-waste processing in Guiyu, China*. Environ Pollut. 2007 Jul;148(1):62-72. Epub 2007 Jan 19.
31. X. Z. Yu, Y. Gao, S. C. Wu, H. B. Zhang, K. C. Cheung, M. H. Wong. *Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils at Guiyu area of China, affected by recycling of electronic waste using primitive Technologies*. Chemosphere, Vol. 65 (2006), pp. 1500-1509.
32. Wang X, Lou X, Han G, Shen H, Ding G. *Pollution characteristics of PCBs in electronic waste dismantling areas of Zhejiang province*. Wei Sheng Yan Jiu. 2011 Sep;40(5):583-6, 590.
33. Ma TT, Christie P, Luo YM, Teng Y. *Phthalate esters contamination in soil and plants on agricultural land near an electronic waste recycling site*. Environ Geochem Health. 2013 Aug;35(4):465-76. doi: 10.1007/s10653-012-9508-5. Epub 2012 Dec 18.
34. Jianjie Fu, Qunfang Zhou, Jiemin Liu, Wei Liu, Thanh Wang, Qinghua Zhang, Guibin Jiang A. *High levels of heavy metals in rice (Oryza sativa L.) from a typical. E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health*. Chemosphere 71 (2008) 1269–1275.
35. Zheng XB1, Wu JP, Luo XJ, Zeng YH, She YZ, Mai BX. *Halogenated flame retardants in home-produced eggs from an electronic waste recycling region in South China: levels, composition profiles, and human dietary exposure assessment*. Environ Int. 2012 Sep 15;45:122-8. doi: 10.1016/j.envint.2012.04.006. Epub 2012 May 18.
36. Chan JK, Man YB, Wu SC, Wong MH. *Dietary intake of PBDEs of residents at two major electronic waste recycling sites in China*. Sci Total Environ. 2013 Oct 1;463-464:1138-46. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.06.093. Epub 2012 Jul 21.
37. Yang Q, Qiu X, Li R, Liu S, Li K, Wang F, Zhu P, Li G, Zhu T. *Exposure to typical persistent organic pollutants from an electronic waste recycling site in Northern China*. Chemosphere. 2013 Apr;91(2):205-11. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.12.051. Epub 2013 Jan 31.
38. Chan JK, Wong MH. *A review of environmental fate, body burdens, and human health risk assessment of PCDD/Fs at two typical electronic waste recycling sites in China*. Sci Total Environ. 2013 Oct 1;463-464:1111-23. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.07.098. Epub 2012 Aug 25.
39. Hu J, Xiao X, Peng P, Huang W, Chen D, Cai Y. *Spatial distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzo-furans (PCDDs/Fs) in dust, soil, sediment and health risk assessment from an intensive electronic waste recycling site in Southern China*. Environ Sci Process Impacts. 2013 Oct;15(10):1889-96. doi: 10.1039/c3em00319a.
40. Ni W, Chen Y, Huang Y, Wang X, Zhang G, Luo J, Wu K. *Hair mercury concentrations and associated factors in an electronic waste recycling area, Guiyu, China*. Environ Res. 2014 Jan;128:84-91. doi: 10.1016/j.envres.2013.10.005. Epub 2013 Nov 19.
41. Needhidasan S, Samuel M, Chidambaram R. *Electronic waste - an emerging threat to the environment of urban India*. J Environ Health Sci Eng. 2014 Jan 20;12(1):36. doi: 10.1186/2052-336X-12-36.
42. Tsydenova O, Bengtsson M. *Electronic waste – an emerging threat to the environment of urban India*. Waste Manag. 2011 Jan;31(1):45-58. doi: 10.1016/j.wasman.2010.08.014.
43. Fujimori T, Takigami H. *Pollution distribution of heavy metals in surface soil at an informal electronic-waste recycling site*. Environ Geochem Health. 2014 Feb;36(1):159-68. doi: 10.1007/s10653-013-9526-y. Epub 2013 May 5.
44. Bi X, Thomas GO, Jones KC, Qu W, Sheng G, Martin FL, Fu J. *Exposure of electronics dismantling workers to polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, and organochlorine pesticides in South China*. Environ Sci Technol. 2007 Aug 15;41(16):5647-53.
45. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*
46. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*
47. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*

48. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*
49. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*
50. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*
51. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*
52. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*
53. Grant Kristen, Goldizen Fiona C, Sly Peter D, Brune Marie-Noel, Neira Maria, Van den Berg Martin, E Norman Rosana. *Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, op. cit.*
54. Chen A, Dietrich KN, Huo X, Ho SM. *Developmental neurotoxicants in e-waste: an emerging health concern.* Environ Health Perspect. 2011 Apr; 119 (4):431-8.
55. Yang H, Huo X, Yekeen TA, Zheng Q, Zheng M, Xu X. *Effects of lead and cadmium exposure from electronic waste on child physical growth.* Environ Sci Pollut Res Int. 2013 Jul;20(7):4441-7. doi: 10.1007/s11356-012-1366-2. Epub 2012 Dec 18.
56. Xu X, Zhang Y, Yekeen TA, Li Y, Zhuang B, Huo X. *Increase male genital diseases morbidity linked to informal electronic waste recycling in Guiyu, China.* Environ Sci Pollut Res Int. 2014 Mar;21(5):3540-5. doi: 10.1007/s11356-013-2289-2. Epub 2013 Nov 24.
57. World Health Organization (WHO). *The Geneva Declaration on E-waste and Children's Health, op. cit.*
58. Congreso de la República de Colombia. Ley 1672 de 2013, por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Bogotá. 19 de julio de 2013.

**Recibido:** Marzo 1, 2015  
**Aceptado:** Marzo 10, 2015

**Correspondencia:**  
Hernán Urbina Joiro  
hurbinaj@gmail.com