

Contaminación del medio ambiente en la región oriente del estado de Michoacán por desechos electrónicos de equipo de cómputo obsoleto

MARIO SÁNCHEZ SILVA *

JOEL BONALES VALENCIA **

ROBERTO ESPINOZA TORRES ***

RESUMEN: El presente artículo analiza la problemática ambiental que se genera con los desechos de equipo de cómputo obsoleto. Toma como referencia a los países que más se han visto afectados por este fenómeno de contaminación tecnológica, como es el caso de India, Pakistán y China. Revisa particularmente, la situación de México en la zona oriente del estado de Michoacán, buscando alternativas de solución para que nuestro país no se convierta en un basurero electrónico.

Introducción

La tecnología crece de manera exponencial alcanzando casi todos los aspectos de nuestra vida y con ello no debemos ignorar los problemas que el crecimiento tecnológico trae a la par, sino es que más rápido.

Es indudable que naciones como India, Pakistán y China han experimentado uno de los cambios menos visibles, pero más dañinos de la era digital, “desperdicio electrónico obsoleto o *e-waste*”.

Como se afirma en un sinnúmero de publicaciones, México es el próximo basurero electrónico. La problemática que se genera con los desechos de equipo de cómputo obsoleto es muy variada, es por ello que México tiene que buscar alternativas de solución para no convertirse en un reciclador más de estos desechos, como hasta ahora lo hacen los países del primer mundo. Patrón estereotipado que adoptan las naciones como solución inmediata al acelerado crecimiento del *e-waste*.

* Director del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del IPN.

** Profesor investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

*** Tesista del Doctorado en Ciencias del Centro de Investigación y Desarrollo del estado de Michoacán (CIDEM).

Problemática de los desechos electrónicos de equipo de cómputo obsoleto

En la actualidad, los desechos del equipo de cómputo son la principal causa de la contaminación del suelo en el mundo, superando en sólo diez años a todos los demás agentes que lo degradan.

Aunque los países industrializados son los principales generadores de estos desechos, entre otros, no se hacen responsables de la basura electrónica. Utilizan tratados comerciales o empresas recicladoras para sacar esta chatarra de sus territorios.

Los países que se atreven a recibir estos equipos se ven aceleradamente saturados con relación a su capacidad para manejarlos, convirtiéndose así en basureros electrónicos, llevando un riesgo de salud mucho mayor a las personas de escasos recursos, al intentar lucrar con este tipo de desechos.

Raúl Cuellar, director de Desechos Sólidos del Gobierno del Distrito Federal explicó:¹

“son algo así como deshuesaderos electrónicos en donde se recuperan partes y se vuelven a introducir al mercado, esto se hace en un altísimo porcentaje”. Tan sólo algunos de los agentes tóxicos a los que se exponen estas personas son: plomo, cadmio, mercurio, selenio y cromo; sin contar con los gases desprendidos por la quema de casquetes de monitores, CPUs, baterías y tubos de rayos catódicos; además de que estos residuos también contaminan el agua y suelo, no sólo en los cementerios clandestinos de desechos electrónicos.

A pesar de las recomendaciones hechas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y otras organizaciones que luchan por frenar estas prácticas, los países desarrollados siguen deshaciéndose, valiéndose de tratados y convenios internacionales, entre los cuales México es el nominado para la recepción del *e-waste*.

En el año 2005, el mercado de computadoras usadas se ubicó en 250 millones de equipos obsoletos, pues en Estados Unidos muchas personas renuevan sus PCs cada tres o cinco años en promedio.

Es de gran importancia conocer más a fondo la problemática que generan los desechos de equipo de cómputo, pues sigue palpante la denuncia de grupos ambientalistas,

al detectar que 50 y 80% de los desperdicios electrónicos recolectados para el reciclaje en países desarrollados se exportan a China, India, Pakistán y Nicaragua, la mayoría de la veces “disfrazados de donaciones”.²

Se calcula que para el año 2007, sólo en EU, habrá más de 700 millones de computadoras obsoletas.³

Los grandes volúmenes de desechos tóxicos de tecnología como monitores, teclados, cable, circuitos y drives de las computadoras usadas, así como todos los chips que se requieren en los equipos electrónicos van en aumento, de 3 a 5% anual, casi tres veces más rápido que el crecimiento de desechos municipales.

La situación en la Unión Europea y Suiza, es mejor en comparación con otros países, como Estados Unidos. Las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), como la Red de Acción de Basilea y la Coalición Tóxicos de Silicon Valley ha llamado la atención a Estados Unidos por su falta de adhesión a la Convención de Basilea que regularía la exportación de desechos, y a los fabricantes a tratar los peores aspectos del problema del recurso desarrollando nuevos materiales no tóxicos.

Hay algunos procesos que están publicados con relación al quehacer para el tratamiento de desechos electrónicos. Sin embargo, no hay algo que parezca dar la solución ideal. En cambio, podemos hacer una combinación de las siguientes técnicas, preferentemente a la reparación, el re-uso, la actualización de equipo existente y el reciclamiento.

El uso de materiales seguros en Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC), como primera opción.⁴ Ya que desde las dos últimas décadas del siglo XX, el uso de productos electrónicos en el ámbito doméstico e industrial tomó una aceleración feroz.

El advenimiento de la computadora personal o PC, la Internet, las transmisiones de datos y las comunicaciones inalámbricas potenciaron la industria electrónica, dándole un impulso fenomenal, que ha traído como consecuencia la aparición de un nuevo tipo de residuo urbano e industrial llamado “compubasura”. Según National Recycling Coalition (NRC), “se estima que más de 20 millones de PCs quedaron obsoletas en Estados Unidos en 1998. Hasta 2007, quedarán obsoletos cerca de 500 millones de PCs.”⁵

La industria ha comenzado a cooperar en este esfuerzo mediante el uso de material reciclado en la manufactura de productos nuevos. Entre las primeras compañías que han seguido esta tendencia se encuentran IBM y Hewlett Packard, las cuales empezaron a manufacturar sus modelos de computadoras y periféricos con 25% de plástico reciclado.

El proyecto de reciclado de Hewlett Packard ha demostrado que se pueden atraer economías a las industrias

¹ http://oncetv-ipn.ne/noticias/index.php?modulo=despliegue&dt_fecha=2003-08-2&numnota=45

² <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/informatica/nID/30686/m/08/y/2003>

³ Basel Convention Newletter, 2º April 2003 [http://www.unhchr.ch/Huridoca.nsf/0/0490ecc39c95c9f9c1256e380041c9ef/\\$FILE/G0317214.doc](http://www.unhchr.ch/Huridoca.nsf/0/0490ecc39c95c9f9c1256e380041c9ef/$FILE/G0317214.doc)

⁴ <http://lac.derechos.apc.org/wsis/cdocs.shtml?x=17530>

⁵ <http://www.nrc-recycle.org/>

y, a la par, mantener alta calidad en el producto. Se estima que la compañía utilizará en las fases iniciales 5% de plástico reciclado, porcentaje que aumentará en la medida que el público se involucre más en el programa. También otras compañías tales como AT&T, Digital, Xerox, y UNISYS crearon sus propios programas de recuperación.⁶

A continuación se mencionan lugares representativos mundiales y nacionales de la problemática que se ha generado a raíz de la contaminación del medio ambiente por desechos electrónicos de equipo de cómputo:

1. Guiyu, China: es el destino de los desechos tóxicos de la era de la computación. En ciudades como esta, ubicada en la costa sudoriental de China, se apilan grandes cantidades de elementos electrónicos obsoletos que llegan desde Estados Unidos, Europa y Japón. Comunidades enteras se ganan la vida hurgando en los basureros de metal, vidrio y plástico, pero los desechos tecnológicos están envenenando el agua y despiertan la alarma en lo que concierne a la salud.

El papel de China como basurero de artefactos que el mundo desecha es consecuencia del esfuerzo de los países ricos por proteger su propio medio ambiente, según una investigación de *The Washington Post*, muchos gobiernos alientan el reciclaje de computadoras para evitar que los residuos metálicos se incorporen al agua potable. Sin embargo, conseguir que las computadoras se conviertan en materia prima reutilizable es una tarea compleja y cara.

En Estados Unidos, donde tan sólo en el curso del año 2001 más de cuarenta millones de computadoras pasaron a ser obsoletas (según datos del Consejo de Seguridad Nacional), 80 % de las máquinas que se llevan los recicladores las reubican aproximadamente a la décima parte de su precio mediante un método simple: se las venden a intermediarios asiáticos y las embarcan con ese destino.

En China rige una veda oficial a la importación en ese rubro, pero la ley se sortea con facilidad mediante pagos a funcionarios aduaneros corruptos, según informan fuentes de la industria.

Los que pagan el verdadero costo de todo esto son los que viven en el lugar de recepción de los "e-desechos". En las ciudades costeras de China, así como en India y Pakistán, adultos y niños trabajan por aproximadamente 1.20 dólares diarios en condiciones insalubres y sin ningún tipo de regulación. A medida que los ríos y el suelo absorben un creciente flujo de agentes cancerígenos y otras toxinas, la gente empieza a padecer elevados niveles de problemas respiratorios, según indican recientes informes de la radio estatal *Guangdong* y el diario *Beijing Youth*:

"Al mismo tiempo que evitamos la contaminación en Estados Unidos, trasladamos el problema a otros", señala Ted Smith, de Silicon Valley Toxics Coalition,

un grupo de defensa del medio ambiente. "El problema se exporta, y eso es nocivo".

Esta actividad deja su impronta en todos los rincones de la ciudad, desde las bandas de plástico y los trozos de vidrio que llenan el río hasta las pilas de tableros, teclados y discos duros que se acumulan ante prácticamente cada casa. Es un paisaje tóxico. El vidrio de los monitores contiene plomo, que afecta el sistema nervioso y es nocivo para el cerebro de los chicos. Las baterías y los interruptores contienen mercurio, que afecta órganos y fetos. Los tableros contienen berilio, cuya inhalación puede provocar cáncer.

Hay camiones que traen agua de lugares ubicados a más de quince kilómetros de distancia, ya que el agua local no es potable. Cerca de la ribera de un río que se usó para descomponer y quemar tableros de circuitos, una muestra de agua revela niveles de plomo 190 veces más elevados que el establecido por la Organización Mundial de la Salud para el agua potable, según surge de un informe que dieron a conocer el año pasado la Silicon Valley Toxics Coalition y otro grupo ecologista norteamericano, la Basel Action Network.

Las organizaciones de defensa del medio ambiente sometieron muestras al análisis de Hong Kong Standards and Testing Centre Ltd. En una muestra de sedimento se hallaron niveles de plomo y otros metales pesados como cromo y bario, centenares de veces superiores a los niveles ecológicos de riesgo europeos y norteamericanos. El análisis del agua confirmó los resultados obtenidos en una muestra anterior que tomó un periodista de *Eastweek Magazine*, una publicación en chino que se distribuye en Hong Kong, que detectó niveles de plomo aún más elevados.

El informe de las dos organizaciones ecologistas, titulado "La exportación del daño: la utilización de Asia como basurero tecnológico", acusa a los fabricantes de computadoras de no asumir ninguna responsabilidad por la contaminación que provocan mediante el establecimiento de sus propios programas de reciclaje. También critica a Estados Unidos por negarse a ratificar la Convención de Basilea, un acuerdo internacional que firmaron los demás países desarrollados y que apunta a limitar la exportación de desechos peligrosos. El resultado de esa negativa es que los recicladores de Estados Unidos no violan ninguna ley interna al enviar desechos de computación a los países pobres de Asia.⁷

2. Sonora, México: Con 300 mil toneladas de residuos tóxicos en sus instalaciones, Cytrar es el confinamiento ilegal más grande de México. Por ello, el Consejo Ciuda-

⁶ <http://www.eestrucplan.com.ar/Articulos/reduccion.asp>

⁷ traducción de Cecilia Beltramo <http://old.clarin.com/suplementos/informatica/2003/03/12/f-529093.htm>

dano para la Protección del Medio Ambiente de Sonora y Greenpeace, México exigen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) la remediación total e inmediata del sitio.

El basurero de residuos tóxicos Cytrar, ubicado en Hermosillo, Sonora, fue operado por el grupo español Técnicas Medio Ambientales (Tecmed) entre 1996 y noviembre de 1998. En sólo dos años, esa empresa virtió de manera clandestina todo tipo de residuos entre los que destacan metales pesados (plomo, mercurio, manganeso), askareles, solventes, medicinas caducas, residuos biológico-infecciosos y baterías de automóviles. En el predio semi abandonado, todos esos desechos se encuentran mezclados y al aire libre, amenazando a la población.

Por acuerdo del Consejo Ciudadano la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (Profepa), el ayuntamiento de Hermosillo, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de Sonora y la Comisión de Medio Ambiente del Congreso de Sonora, la empresa canadiense Proeco Corporation realizaron un diagnóstico de la situación de Cytrar. Si bien la Semarnat pagó la consultoría (750 mil dólares), todos los organismos oficiales se comprometieron a acatar las recomendaciones del estudio. Al concluir, el señalamiento de Proeco fue claro: se requería saneamiento de las dos macroceldas, los patios, el área de almacenamiento y tratamiento y la laguna de evaporación. En pocas palabras, una “remediación total”.

El problema de que las autoridades ambientales regalen, sin rigor alguno, permisos de operación a empresas como Tecmed termina revirtiéndose en contra del erario. Por ejemplo, tras la clausura del cementerio tóxico en 1998, Tecmed-Cytrar demandó a México (marzo del 2003) en Washington a través del Convenio sobre Solución de Controversias entre Estados y ciudadanos de otros Estados y del Tratado Marco entre México y Europa en materia de inversión. Tecmed ganó la demanda y obligó al Estado mexicano a indemnizarla con 7.5 millones de dólares. Al final, a esta corporación se le pagó por contaminar y afectar la salud pública.

La Profepa hizo un convenio con Tecmed para quedarse con el predio y liberar a la empresa de su responsabilidad de remediar el sitio, que ahora están pagando los ciudadanos. Lo insólito es que Profepa sigue concediendo permisos de operación a esta empresa en Hermosillo y en Ciudad Obregón, así como en obras federales de infraestructura y operación aeroportuaria.

Como parte de su lucha, el Consejo Ciudadano ratificó esta semana una denuncia ante la Secretaría de la Función

Pública contra el delegado de la Semarnat en Sonora, Florencio Díaz Armenta, y de la Profepa, Ernesto Munro Palacio, y contra el anterior secretario de la Semarnat, Alberto Cárdenas Jiménez, y el extitular de la Profepa y hoy secretario de Medio Ambiente, Jose Luis Luege Tamargo, con la demanda de remediar en forma inmediata y total el confinamiento.⁸

3. Guadalajara, Jalisco, México: frente a la principal planta de la empresa Hewlett Packard, ubicada en la capital de Jalisco, Greenpeace lanzó un llamado a que todas las industrias electrónicas eliminen las sustancias tóxicas de sus productos. Con la misma demanda se realizaron protestas simultáneas en Ginebra (Suiza) y Pekín (China). En México, activistas de Greenpeace inundaron con desechos electrónicos un planeta de 1.60 metros de diámetro y mostraron una manta con la leyenda: “HP, alta tecnología altamente tóxica”. Esta demostración pacífica puso en evidencia que la creciente industria electrónica está generando problemas de salud y ambientales de dimensiones globales.

Las compañías fabricantes de computadoras y teléfonos celulares elaboran sus productos con materiales tóxicos que afectan la salud de trabajadores y recicladores, así como al medio ambiente; además, diseñan estos productos de manera que se vuelven obsoletos en poco tiempo. Esto significa que a muy corto plazo estas mercancías serán basura electrónica. Por ello, Greenpeace ha solicitado a las compañías electrónicas más grandes del mundo que eliminen los metales pesados, los retardantes de flama bromados y el plástico PVC (Poli-Vinyl-Chloride) de sus productos, aprovechando el marco regulatorio europeo que obliga a que los productos electrónicos que ingresen a ese mercado a partir de mediados de 2006 no contengan cuatro metales pesados y dos retardantes de flama. Como resultado de este llamado, las empresas Samsung, Sony y Sony Ericsson se han comprometido a eliminar el peligroso retardante de flama bromado y el plástico PVC de algunos de sus productos. En particular, Sony Ericsson se comprometió a eliminar estos compuestos de todos sus productos para finales de 2005. Nokia se comprometió a hacer lo mismo para finales de 2006. Por su parte, las empresas Hewlett Packard, Apple, Dell, Fujitsu-Siemens, IBM, LG, Motorola, Panasonic y Toshiba se han rehusado a comprometerse con el medio ambiente.

La industria electrónica debe ser responsable por todo el ciclo de vida de sus productos. Greenpeace exige que la industria electrónica sea limpia, es decir, que elimine progresivamente los químicos peligrosos. Estas sustancias no sólo contaminan cuando llegan al basurero sino que ponen en riesgo a los trabajadores de las maquiladoras de electrónicos. Tal es el caso de México, donde los trabajadores de la industria de electrónicos y componentes son afectados

⁸ <http://www.greenpeace.org/mexico/news/cementerio-t-xico-afecta-a-son#>

por estar expuestos a las sustancias y solventes usados en la producción. La planta de manufactura y ensamble de Hewlett Packard en Guadalajara opera desde 1982 y en los últimos años se ha convertido en la empresa con mayores ventas en México, seguida por IBM. De hecho, la capital de Jalisco se ha transformado en el centro de manufactura de computadoras personales, distribución de tinta y láser, entre otros productos electrónicos. Además de HP, ahí se encuentran empresas como Solectron, Flextronics, Sanmina-CSI y Jabil Circuit. **Guadalajara es conocida como el Silicon Valley mexicano** y se estima que esta industria genera alrededor de 50 mil empleos. **México tiene el segundo lugar en la fabricación de productos electrónicos en América Latina, después de Brasil.** La industria maquiladora electrónica y eléctrica cuenta en México con 610 establecimientos y más de 361 mil empleados. Pese a la importancia de México en este mercado global, no hay cifras claras sobre las condiciones de los trabajadores que se desempeñan en estas plantas, la protección con la que trabajan, la información que reciben sobre los productos y compuestos que manejan y los problemas de salud que enfrentan o pueden llegar a enfrentar. Sin embargo, se sabe que los materiales que más afectan la salud de los trabajadores de la maquila son los solventes, los metales pesados y los retardantes de flama bromados. Estos últimos compuestos orgánicos persistentes han atraído la atención mundial debido a sus impactos. Los países en desarrollo se encuentran al inicio y al final de este mercado global de electrónicos y son los que están absorbiendo los costos. Así como los trabajadores mexicanos sufren daños por trabajar con compuestos químicos tóxicos, en Asia, miles de trabajadores también están expuestos a estas mezclas de venenos tóxicos al desmantelar los aparatos para su reciclaje. Para denunciar esta situación, Greenpeace realizó acciones simultáneas en México, China y Suiza.⁹

Después de conocer cuál es la situación del mundo con relación a los desechos electrónicos es necesario preguntar: **¿será la solución reciclar o simplemente un mejor negocio?**

Planteamiento del problema de los desechos electrónicos de equipo de cómputo

Dentro de la realidad que se tiene en nuestro país acerca del acelerado crecimiento en desechos electrónicos, es importante, a través de la investigación, valerse de la creatividad e innovación, como nueva forma de hacer las cosas, ya sea para mejorar las ideas ya existentes, así como para crear nuevas formas de disminuir los desechos electrónicos.

Específicamente, se pretende contribuir a la disminución de contaminantes del medio ambiente, generados por los equipos de cómputo obsoleto en la región oriente del estado de Michoacán. Es por ello que se pretende dar respuesta a la siguiente interrogante: **¿Cómo contaminan al medio ambiente de la región oriente del estado de Michoacán los desechos de equipos de cómputo obsoletos y cuáles son sus destinos?**

Resulta realmente preocupante para México el tema de los desechos electrónicos (*e-waste*), pero sobre todo nos compete no solamente preocuparnos, sino ocuparnos de ello. Del amor a nuestro país y el compromiso que tenemos por el legado que tenemos que dejar a las nuevas generaciones. Esto nos lleva a cuidar a nuestro planeta a través de la conservación de un ambiente saludable y atractivo.

Aparte de los planteamientos hechos en la situación del problema, se concentraron los datos recopilados de varias publicaciones a fin de que se conozca la **magnitud del problema** de los desechos electrónicos en algunos lugares del mundo, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1
Estadísticas de desechos electrónicos

Lugar	Año	Cantidad de E-Waste toneladas de basura electrónica doméstica e industrial
Europa	1995	25 millones
Holanda	1996-2004	11,737
EU	1998	20 millones
Unión Europea	1998	6 millones
EU	2001	40 millones
Unión Europea	2001	150 millones
España	Anualmente	200,000
Costa Rica	2005	130 mil

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el campo de investigación.

El problema aqueja no sólo a una ciudad, sino a un gran número de personas. Los desechos de los países desarrollados, según expertos del medio ambiente son exportados a China, India, Pakistán y Nicaragua, muchas veces disfrazados de donaciones. México parece ser el próximo basurero electrónico, pues al menos es quien recibe más equipo de Estados Unidos, uno de los principales generadores de este desperdicio.

Se entiende que además de que el problema es un verdadero gigante a punto de despertar en nuestro país, se torna **trascendente**, tal como lo muestran las estadísticas de la siguiente tabla:

⁹ <http://www.greenpeace.org/mexico/news/demandamos-una-industria-elect>

Tabla 2
Estadísticas del incremento de desechos electrónicos

Lugar	Año	Cantidad de E-Waste	Año	Cantidad de E-Waste
Europa	1995	25 millones	2004	9 millones de toneladas, lo que equivale a: 325 millones de kg. de Plomo. 455 mil millones de kg. de Cadmio. 1,000 millones de kg. de Plástico
Holanda	1996-2004	11,737 toneladas	-----	Sin indicador
EU	1998	20 millones	2001 2004 2007	40 millones 325 millones 700 millones
Unión Europea	1998	6 millones	2001 2004	150 millones 7.4 millones de toneladas
España	Anualmente	200,000 toneladas de basura electrónica doméstica e industrial		
Costa Rica	2004	300,000 toneladas	-----	Sin indicador

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el campo de investigación.

Como ejemplo de la velocidad de propagación y consecuencias de la acelerada cantidad de desechos almacenados, se tiene que la cantidad de productos electrónicos desechados alrededor del mundo se ha disparado durante los años recientes: cada año se generan entre 20 y 50 millones de toneladas de residuos de este tipo alrededor del mundo.¹⁰

Más de 5% de toda la basura sólida municipal en el mundo es electrónica (*e-waste*), lo que equivale a casi la misma cantidad de basura que se genera por plásticos utilizados en el embalaje, aunque mucho más peligrosa.¹¹ Este problema no es exclusivo de los países desarrollados: Asia desecha aproximadamente 12 millones de toneladas de productos electrónicos cada año.¹²

Actualmente, la basura electrónica o *e-waste* es un componente creciente de la basura municipal, pues las personas cambian cada día con mayor frecuencia que antes sus celulares, computadoras, televisiones, equipos de audio, impresoras, entre otros.¹³

Por ejemplo, en Europa la basura electrónica se está incrementando entre 3 y 5% al año, casi tres veces más rápido que todo el flujo de basura.¹⁴

En los próximos cinco años, se estima que los países en desarrollo triplicarán su producción de este tipo de desechos.¹⁵

Los desechos y su contaminación ambiental

El lado oscuro de la alta tecnología nos muestra contaminación del agua potable, vertido de desechos que matan a los peces y la vida salvaje, defectos de nacimiento, altos índices de abortos y cáncer entre los trabajadores. Desde

que en la década de los noventa el precio de los ordenadores se fue de pique para quienes disponen de algún ordenador en casa y en el trabajo. Aunque la vida útil de estos equipos se estima en unos diez años, al cabo de unos tres o cuatro ya han quedado obsoletos, debido a los requerimientos de los nuevos programas y las nuevas versiones de los sistemas operativos.

Asombra realmente, que se adquieran equipos potentes para acabar utilizando un procesador de textos y un navegador de Internet, cosa que ya se hacía perfectamente con ordenadores cinco años más antiguos. El consumidor que se queja de que su ordenador quedó “pequeño” u obsoleto puede subsanar el problema bien sea desinstalando los programas que no utilizan, bien sea no instalando nuevas versiones de programas (que normalmente necesitan más memoria y velocidad de proceso) si éstas no les aportan nada nuevo o bien con una ampliación de memoria.

¹⁰ United Nations Environment Programme (UNEP), “E-waste, the hidden side of IT equipment’s manufacturing and use”, Early warning on Emerging Environmental Threats, No. 5, 2005.

¹¹ 2 Swiss State Secretariat for Economic Affairs (seco), 2003, The e-waste handbook - A Contribution to a sustainable Information Society, Geneva/Switzerland. <http://www.ewaste.ch/services/downloads/>, p.3

¹² UNEP, 2005, *op. cit.*

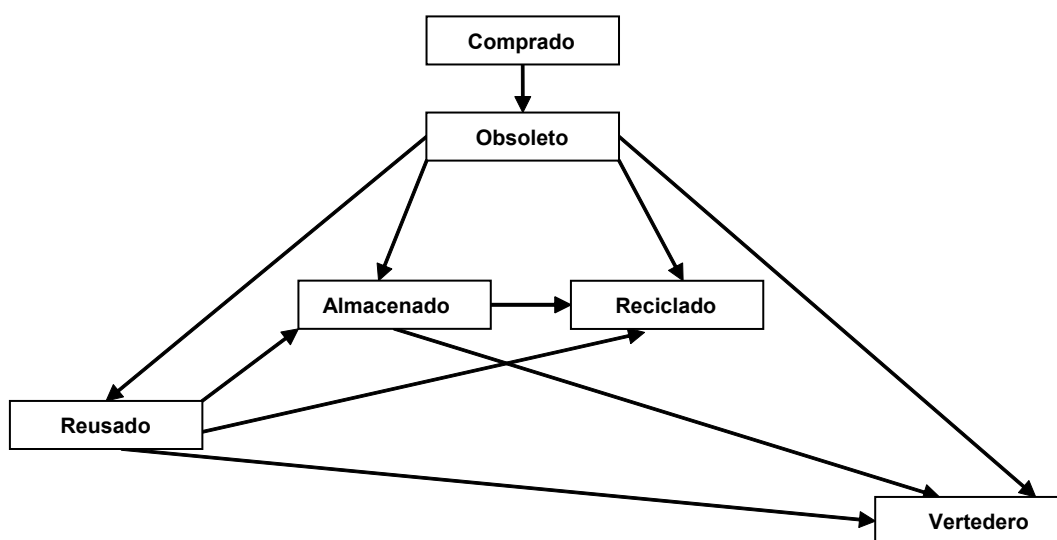
¹³ Business Communications Company (BCC). 2005. Global e-waste market to cross \$11 billion by 2009. Press release, 23rd February 2005. <http://www.bccresearch.com/editors/RE-128.html>

¹⁴ Arensman, R. 2000. Ready for Recycling? Electronic business, 11th January 2000. <http://www.reed-electronics.com/eb-mag/article/CA42996?text=ready+for+recycling>

¹⁵ BCC, 2005, *op. cit.*

Lo cierto es que adquirir un nuevo equipo informático es tan barato que se abandona o almacena un ordenador cuando éste todavía no ha llegado al final de su vida útil, para adquirir otro más nuevo, desconociendo el enorme coste ecológico que comporta tanto la producción como el vertido de ordenadores.

Figura 1
Ciclo de vida de un ordenador



Fuente: Alejandro Castán Salinas, Greenpeace.

Existe muy poca información en el mundo acerca de la contaminación y los problemas medioambientales producidos por el material informático, ya sea en su proceso de producción, uso diario y gestión de los residuos, cuando dicho material llega al final de su vida útil. Tan sólo he encontrado un libro en todo el mundo,¹⁶ muy pocos estudios (la mayoría basados en datos confidenciales que no permiten contrastar los resultados), y datos públicos a la escala local de algunos países.

Los aparatos electrónicos están constituidos por un conjunto de componentes, entre los cuales conviene destacar: aparatos de visualización como tubos de rayos catódicos y pantallas de cristal líquido, vidrio, plásticos con materiales ignífugos, circuitos impresos, cables, interruptores de mercurio y magneto térmicos, pilas, condensadores, resistencias, etc. Aproximadamente 50% del peso de aparatos electrónicos y eléctricos son metales, principalmente aceros, aluminio, cobre, plomo, mercurio y metales preciosos. El resto de materiales quedan repartidos entre dos fracciones que se encuentran en porcentajes similares y que son plásticos y vidrios. Dependiendo del aparato considerado, estos datos pueden variar. Así, mientras los

ordenadores contienen 23% de peso en plásticos, en los equipos dedicados a telecomunicaciones puede llegar hasta un 50%.

El monitor CRT (Tubo de Rayos Catódicos) posee 50% del volumen y la masa del ordenador, y contiene plomo (cientos de gramos en el tubo de rayos catódicos), fósforo, cadmio y mercurio tóxicos.

Los compuestos más problemáticos desde el punto de vista medioambiental contenidos en los residuos eléctricos y electrónicos son los metales pesados, el PVC, los materiales ignífugos bromados y los Compuestos Binéfilos Policlorados (PCB). Hablando de metales, que poseen 70% del valor residual de un ordenador, podemos encontrar plomo en las soldaduras y los tubos de rayos catódicos, bario en los tubos de rayos catódicos, cadmio en las baterías, antimonio en el encapsulado de los chips, berilio en los PCs antiguos y las conexiones de teléfonos móviles, cromo en los metalizados, mercurio en baterías, interruptores y las

¹⁶ "Computers and the Environment: Understanding and Managing their Impacts", Ruediger Kuehr & Enric Williams, Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-1679-4 y 1-4020-1680-8

bombillas que iluminan las pantallas planas, fósforo en monitores, arsénico y silicio en los microprocesadores, acero en las carcasas, aluminio en los discos duros, cobre en toda la electrónica, y metales preciosos en las placas de circuitería.

Además de las sustancias presentes dentro del ordenador, también encontramos numerosas sustancias en sus diferentes complementos, de las que faltan datos o estudios sobre su toxicidad. Por ejemplo: el tóner de las impresoras láser y fotocopadoras contiene polvo de carbón, que es un probable cancerígeno; los CD-rom contienen aluminio; los CD grabables (CD-r) contienen pigmentos cianina, phthalocianina o meta-azo; los CDs regrabables (CD-rw) contienen policristal (plata-indioantimonio-telurio); los minidisk contienen cobalto; etcétera.

Tabla 3
Composición de un ordenador personal típico

Nombre	Contenido (% peso total)	Eficiencia reciclaje	Uso / Localización
Plásticos	22,9907	20,00%	Includes Organics, Oxides Other Than Silica
Plomo	6,2988	5,00%	Metal Joining, Radiation Shield/CRT, Printed Wiring Board
Aluminio	14,1723	80,00%	Structural, Conductivity/Housing, CRT, PWB, Connectors
Germanio	0,0016	0,00%	Semiconductor/PWB
Galio	0,0013	0,00%	Semiconductor/PWB
Hierro	20,4712	80,00%	Structural, Magnetivity/(Steel) Housing,CRT, PWB
Estaño	1,0078	70,00%	Metal Joining/PWB, CRT
Cobre	6,9287	90,00%	Conductivity/CRT, PWB, Connectors
Bario	0,0315	0,00%	Getter In Vacuum Tube/CRT
Níquel	0,8503	80,00%	Structural, Magnetivity/(Steel) Housing,CRT, PWB
Cinc	2,2046	60,00%	Battery, Phosphor Emitter/PWB, CRT
Tántalo	0,0157	0,00%	Capacitors/PWB, Power Supply
Indio	0,0016	60,00%	Transistor, Rectifiers/PWB
Vanadio	0,0002	0,00%	Red Phosphor Emitter/CRT
Terbio	0,0000	0,00%	Green Phosphor Activator, Dopant/CRT, PWB
Berilio	0,0157	0,00%	Thermal Conductivity/PWB, Connectors
Oro	0,0016	99,00%	Connectivity, Conductivity/PWB, Connectors
Europio	0,0002	0,00%	Phosphor Activator/PWB
Titanio	0,0157	0,00%	Pigment, Alloying Agent/(Aluminum) Housing
Rutenio	0,0016	80,00%	Resistive Circuit/PWB
Cobalto	0,0157	85,00%	Structural, Magnetivity/(Steel) Housing,CRT, PWB
Paladio	0,0003	95,00%	Connectivity, Conductivity/PWB, Connectors
Manganeso	0,0315	0,00%	Structural, Magnetivity/(Steel) Housing,CRT, PWB
Plata	0,0189	98,00%	Conductivity/PWB, Connectors
Antimonio	0,0094	0,00%	Diodes/Housing, PWB, CRT
Bismuto	0,0063	0,00%	Wetting Agent In Thick Film/PWB
Cromo	0,0063	0,00%	Decorative, Hardener/(Steel) Housing
Cadmio	0,0094	0,00%	Battery, Blu_Green Phosphor Emitter/Housing, PWB, CRT
Selenio	0,0016	70,00%	Rectifiers/PWB
Niobio	0,0002	0,00%	Welding Allow/Housing
Itrio	0,0002	0,00%	Red Phosphor Emitter/CRT
Rodio	0,0000	50,00%	Thick Film Conductor/PWB
Platino	0,0000	95,00%	Thick Film Conductor/PWB
Mercurio	0,0022	0,00%	Batteries, Switches/Housing, PWB
Arsénico	0,0013	0,00%	Doping Agents In Transistors/PWB
Silicio	24,8803	0,00%	Glass, Solid State Devices/CRT, PWB

Fuente: [HAN] Alejandro Castán Salinas, Greenpeace.

A pesar de todo, y a diferencia de los desechos tradicionales, el principal impacto ambiental de la basura electrónica se debe principalmente a un proceso inadecuado, más que a su contenido tóxico inherente.

Actualmente, en Europa la mayor parte de los residuos eléctricos y electrónicos se incorporan a los flujos de los residuos urbanos, lo que quiere decir que se desechan en vertederos o se incineran sin ningún tratamiento previo. En 1998, en EU sólo se recicló 11% de los ordenadores personales y 26% de los periféricos de los ordenadores obsoletos. Así, buena parte de los agentes contaminantes que se encuentran en los flujos de residuos urbanos proceden de dichos aparatos.

La incineración de los retardantes de llama brominados y del PVC genera dioxinas y furanos extremadamente tóxicos, y el cobre, abundante en la basura electrónica, empeora la situación debido a que es un buen catalizador de la formación de dioxinas.

Se calcula que, con un tratamiento adecuado, se podría reaprovechar entre 70% y 90% de lo que se lanza, reusándolos cuando fuera posible o reciclándolos. En este último caso, los equipos se desmontan y los componentes potencialmente peligrosos se aíslan y se entregan a gestores autorizados para su tratamiento. En la fase de trituración, los materiales se clasifican por tipos, se revalorizan, se tratan para ser recuperados y, finalmente, se venden a las industrias que los pueden aprovechar.

Tabla 4
Riesgos ambientales para la salud laboral observados en ciudades-vertedero de Asia

Componente	Procesado	Peligro salud laboral	Peligro ambiental
Tubo de rayos catódicos	Romper, arrancar la junta de cobre y lanzar	-Silicosis - Cortes del vidrio en caso de explosión - Inhalación y contacto con fósforo y cadmio	- Plomo, bario y otros metales pesados contaminando las aguas subterráneas - Emisión de fósforo tóxico
Placas de circuito impreso	Desoldar y arrancar los chips	- Inhalación de estaño y plomo - Posible inhalación de dioxinas brominadas, berilio, cadmio y mercurio	- Emisión al aire de las mismas sustancias
Procesado de placas de circuito impreso ya desmontadas	Quemar al aire abierto los circuitos ya sin chips para arrancar los metales que quedan	- Inhalación por parte de los trabajadores y de los residentes cercanos de estaño, plomo, dioxinas brominadas, berilio, cadmio y mercurio - Irritación de las vías respiratorias	- Contaminación por plomo y estaño del entorno más cercano, incluyendo tanto la superficie como las aguas subterráneas - Emisión de dioxinas brominadas, berilio, cadmio y mercurio
Chips y otros componentes chapados en oro	Arrancar químicamente utilizando ácido nítrico y ácido clorhídrico a lo largo de las orillas del río	- Lesiones permanentes provocadas por el contacto del ácido con la piel o los ojos - Irritación de las vías respiratorias, edema pulmonar, fallo circulatorio y muerte provocada por la inhalación de vapor de los ácidos, cloro y dióxido de azufre	- Hidrocarburos, metales pesados, sustancias brominadas, etc. - Lanzados directamente al río y orillas - Acidificación del río que mata a los peces y la flora
Plásticos del ordenador y Periféricos Cables	Fragmentar y fundir a baja temperatura para ser reutilizados en plásticos de baja categoría Quemar al aire abierto para recuperar el cobre	- Probable exposición a hidrocarburos, dioxinas brominadas y metales pesados - Exposición de los trabajadores que viven en las áreas de quemado a dioxinas brominadas y cloradas, y a Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) cancerígenos	- Emisión de hidrocarburos, dioxinas brominadas y metales pesados - Emisión al aire, agua y suelo de cenizas de hidrocarburos, incluyendo HAP
Partes diversas del ordenador encajadas en plástico	Quemar al aire abierto para recuperar el acero y otros metales	- Exposición a hidrocarburos, incluyendo HAP, y dioxinas	- Emisión al aire, agua y suelo de cenizas de hidrocarburos, incluyendo HAP
Cartuchos de tóner	Utilizar pinceles para recuperar el polvo del tóner sin ninguna protección	- Irritación de las vías respiratorias - El polvo de carbón del tóner negro es un probable cancerígeno - La toxicidad de los tóners de color cian, amarillo y magenta es desconocida	- La toxicidad de los tóners de color cian, amarillo y magenta es desconocida
Cobre y acero secundarios y fundido de metales preciosos	Incinerar para recuperar el acero y cobre de la basura	- Exposición a dioxinas y metales pesados	- Emisión de dioxinas y metales pesados

Fuente: [BAN] Alejandro Castán Salinas, Greenpeace.

Conforme a la investigación realizada acerca de los desechos electrónicos, se han encontrado diversos organismos participantes como:

- **ACEPSA** (Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente de Costa Rica).
- Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos, National Science Foundation.
- Cámara de Industrias de Costa Rica.
- **CANIETI** (Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Electrónica).
- Carnegie Mellon University.
- Científicos del Georgia Institute of Technology.
- Coalición Tóxicos de Silicon Valley.
- **CONATIC** (Comisión Nacional de Tecnología de la Información y la Comunicación) Costa Rica.
- **CONEICO** (Consejo Nacional de Industriales Ecológicos de México).
- Consejo Ciudadano para la Protección del Medio Ambiente de Sonora.
- Consejo de Seguridad Nacional de EU.
- Desechos Sólidos del Gobierno del Distrito Federal.
- Georgia Department of Natural Resources.
- GREENPEACE.
- Grupo de Trabajo para los Residuos Eléctricos y Electrónicos de la UE.
- **IMPI** (Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual).
- Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- **MIDA** (Master a Distancia Interactivo en Derecho Ambiental).
- **NRC** (National Recycling Coalition, EU).
- **ONU** (Organización de las Naciones Unidas).
- **PROFECO** (Procuraduría Federal del Consumidor).
- **PROFEPA** (Procuraduría Federal del Medio Ambiente).
- Red de Acción de Basilea.
- **SEMARNAT** (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).
- **TECMED** (Técnicas Medio Ambientales, de España).
- **WEEE** (Waste Electrical and Electronic Equipment).

Entre las más destacadas está la Silicon Valley, se enfoca más en el reciclaje, como uno de los principales caminos para atender los desechos, sin tener un gran resultado en la disminución de los mismos, lo que hace es alargar un poco el tiempo de vida de los productos, lo que parece insignificante ya que el porcentaje de desechos duplica como mínimo al índice de productos reciclados.

El reciclado de los desechos electrónicos es sólo una de las Técnicas que se pueden utilizar, pues existen algunas otras como: la reparación, el re-uso, la actualización,

etc. Se pueden combinar algunas de estas técnicas, pero muchas de las veces resulta caro implementarlas pues requieren de una buena inversión económica y el conocimiento del proceso a llevar, así como los riesgos que esto implica.

La **Técnica** que se propone como parte de la solución a este problema es el **re-uso** de los desechos electrónicos, de forma particular, los equipos de cómputo obsoletos. Mismos que con **creatividad**, se tornan en nuevos componentes de la casa, la escuela, dando originalidad en la forma de re-usarlos. Y dichos artículos darán la seguridad al consumidor de no ser dañinos para su salud.

Se ha llevado a cabo una prueba piloto con alumnos de la materia de Seminario de Proyectos de Investigación de la Licenciatura de Sistemas de Información del Instituto Tecnológico de Zitácuaro (ITZ): primero se recolectó equipo de cómputo obsoleto de algunas de las dependencias que tuvieron a bien donarlo en vez de tirarlo, y se aprovechó 80% de los componentes, evitando que estos fueran a parar a algún cementerio clandestino o no.

Metodología para el re-uso de desechos electrónicos de equipo de cómputo obsoleto

- Conocer la cultura que se tiene acerca de los desechos electrónicos.
- Determinar la forma de desechos del equipo de cómputo obsoleto.
- Conocer la frecuencia de los desechos en la Región Oriente del estado de Michoacán.
- Tener disposición para que en lugar de tirarlo, se permita darle otro uso que no sea para el procesamiento de información.
- Buscar la forma de establecer organismos que controlen y regulen los desechos electrónicos en nuestro estado.
- Hacer valer los derechos de propiedad del equipo obsoleto, para impulsarlos al control del medio ambiente.
- Aprovechar la capacidad creativa que se tiene en los jóvenes de nuestra región y que estudian la carrera de ingeniería en sistemas computacionales.
- Llevar a cabo el proceso de selección, desensamblaje y selección de partes reutilizables no tóxicas.
- Con base a los diseños de las partes seleccionadas, iniciar el proceso de transformación a esos nuevos productos.
- Con un apoyo económico se podrá armar la línea de producción, en el lugar y espacio adecuado y seguro, así como el herramental que se requiere para mantener y asegurar la calidad de los productos creados.
- Mantener la capacitación, información y prevención en cada uno de los que participen en este proyecto.

Bibliografía

- ◆ Ackoff, R., *El arte de resolver problemas*, Limusa, México, 1992.
- ◆ Alcazar, L. F., *La creatividad en la ingeniería*, Sitesa, México, 1991.
- ◆ Arensman, R., “Ready for Recycling Electronic business”, 11 de enero, disponible en: <http://www.reed-electronics.com/eb-ag/article/CA42996?text=ready+for+recycling>, 2000.
- ◆ Austin, James, *Change and creativity*, Columbia University Press, New York, 1980.
- ◆ Brightman H., *Problem solving: a logical & creative approach*, Busines Publ. Division, University of Georgia, Atlanta, 1980.
- ◆ Business Communications Company (BCC), en: <http://www.bccresearch.com/editors/RE-128.html>, 23 de Febrero 2005.
- ◆ Drucker, P., *La innovación y el empresario innovador*, Hermes, México, 1991.
- ◆ *Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia*, Basel Action Network & Silicon Valley Toxics Coalition, en: <http://amath.colorado.edu/computing/Recycling/EWaste.pdf>, 2005.
- ◆ Grossman, S.R., B.F. Rodgers. y B.R., Moore , *Innovación*, Panorama, México, 1992.
- ◆ *IT and Environment Initiative*, en: <http://www.it-environment.org/>
- ◆ Majaro, S., *Como generar ideas para generar beneficios*, Garnica/Vergara, Buenos Aires, 1988.
- ◆ Martínez Villegas, F., *Como desarrollar la creatividad gerencial*, Ed. Pac., México, 1990.
- ◆ Murakami, T. y T. Nishiwaki, *Estrategia para la creación*, Panorama, México, 1993.
- ◆ Oropeza Monterrubio, Rafael, *Creatividad e innovación empresarial*, Panorama Editorial, México, 1993.
- ◆ Pharmaceutical Manufacturers Association, *Annual Repor*, Washington, D.C, 1993.
- ◆ Poyla, G., *Cómo plantear y resolver problemas*, Trillas, 1984, México.
- ◆ Rhodes, Richard, *The Making Of the Atomic Bomb*, Simon y Schuster, New York, 1986.
- ◆ Raudsepp, E., *Imaginación creativa*, Selector, México 1990.
- ◆ Sabag, A., *Creatividad*, Universidad Del Valle de México, México, 1990.
- ◆ Silicon Valley Toxics Coalition, en: <http://www.svtc.org/>
- ◆ Sony Corporation, Reportes Anuales a los Accionistas, 1989-1992, datos diversos recabados directamente por Antonio Eroles G., *Creatividad efectiva*, Panorama Editorial, 1994.
- ◆ Stern, N. y R. Stern, *Computer in society*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1983.
- ◆ Tabla presentada en Microelectronics and Computer Technology Corporation, Handy and Harman Electronic Materials Corp., en: <http://www.handyharman.com/>, 1996.
- ◆ United Nations Environment Programme (UNEP), “E-waste, the hidden side of IT equipment’s manufacturing and use”, *Early warning on emerging Environmental Threats*, No. 5, 2005.
- ◆ Information Society, Geneva/Switzerland. <http://www.ewaste.ch/services/downloads/>, p.3.



Monje loco, óleo y tela, 25 X 35 cm, 2006.