



Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos

Avances en el Estudio de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Festival por el Ambiente Xoxoctic Tlalli 2017: Seminario RAEE



Compiladores
Dr. Fabián Robles Martínez
Dra. Ana Belem Piña Guzmán

Título de la obra: Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos

Subtítulo: Avances en el Estudio de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Compiladores: Fabián Robles Martínez y Ana Belem Piña Guzmán

Editorial: Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A.C.
<http://www.somers-ac.org>

Los trabajos incluidos fueron arbitrados por pares académicos. Se privilegia con el aval de la Editorial.

Información Legal

ENCUENTRO DE EXPERTOS EN RESIDUOS SOLIDOS, año 10, No. 1, Octubre 2016 - Octubre 2017, es una Publicación anual editada por la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C., Priv. Molcajete 44, Fracc. Hacienda de las Fuentes, Calimaya, México, C.P. 52227, Tel. (722) 5097824, www.somers-ac.org. Editor responsable: Dra. María del Consuelo Mañón Salas. Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2014-112714070200-203 **ISSN:2395-8170**, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C., Dr. Fabián Robles Martínez, Calzada Universidad #14418, Parque Industrial Internacional Tijuana C.P. 22390. Fecha de última modificación, 23 de septiembre 2017

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C.

ORGANIZADORES

Festival por el Ambiente Xoxoctic Tlalli 2017: Seminario RAEE

Dra. Ana Belem Piña Guzmán

Dr. Fabián Robles Martínez

Biol. Sergio Enrique Nájera Esquivel

Departamento de Bioprocesos

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología

Instituto Politécnico Nacional

Ciudad de México

México

COMITÉ CIENTIFICO

Dr. José Antonio Guevara

Universidad Autónoma de Tlaxcala
Tlaxcala
México

Dr. José Francisco Colomer Mendoza

Universidad Jaume I
Castellón de la Plana
España

Dra. Yolanda Ordaz Guillén

Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios en Medio Ambiente y Desarrollo
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México
México

Dra. Ana Belem Piña Guzmán

Dra. Paulina Rebeca Cárdenas Moreno

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México
México

M. en C. Diana Castro Frontana

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México
México

PRESENTACIÓN

El Festival por el Ambiente Xoxoctic Tlalli 2017: Seminario RAEE, forma parte de los Encuentros de Expertos en Residuos Sólidos que desde el año 2007 los miembros de la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a los Residuos, A. C. (SOMERS) llevan a cabo en alguna de las instituciones a las que pertenecen. Este año, el encuentro fue organizado por la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI) del Instituto Politécnico Nacional, dentro del marco de los festejos del 30 aniversario de la UPIBI-IPN. El objetivo de dicho encuentro fue difundir el conocimiento, que los especialistas en residuos sólidos han generado en el último año, acerca de la situación actual del manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).

Para difundir de mejor manera y dejar constancia de lo presentado en estos encuentros, se publican las memorias del evento, que en esta ocasión constan de ocho trabajos en extenso, con temas varios como: la participación de los pepenadores en la recuperación de los RAEE, la factibilidad del reciclaje de materiales presentes en este tipo de residuos, riesgos a la salud y al ambiente por su inadecuada disposición, entre otros. La publicación de estos extensos es una muestra de lo que actualmente se investiga en el campo de la generación y manejo de RAEE, tanto a nivel de diagnóstico como de análisis y se presentan propuestas de abordaje de la situación actual del manejo de los RAEE.

CONTENIDO

DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS, RIESGOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE	1
CULTURA DE CONSUMO Y MANEJO DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN LA FRONTERA NORTE DE MÉXICO	11
MODELO SUSTENTABLE EN EL MANEJO DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN UN MUNICIPIO.....	18
DESAFÍOS EN EL APROVECHAMIENTO DE PLÁSTICOS EN RESIDUOS ELECTRÓNICOS	24
EL TRABAJO DE LOS RECOLECTORES DE MATERIALES RECICLABLES EN LA GESTIÓN DE RAEE EN EL MUNICIPIO DE SÃO CARLOS, SP, BRASIL	34
GENERACIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN LA CIUDAD DE ORIZABA, VERACRUZ.....	39
LA OBSOLESCENCIA PROGRAMADA EN RESIDUOS ELECTRÓNICOS: IMPRESORAS, CELULARES Y COMPUTADORAS, EN LA CIUDAD DE ORIZABA, VERACRUZ.....	45
CELULARES, DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS: ELECCIÓN VS CONDICIONAMIENTO	51

DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS, RIESGOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE

¹María del Consuelo Hernández Berriel*, ²Otoniel Buenrostro Delgado, ¹María del Consuelo Mañón Salas, ¹Isaías de la Rosa Gómez, ¹Gloria Irene Carmona Chit

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca, Lázaro Cárdenas, Av. Tecnológico S/N, Colonia Llano Grande, C.P. 52148 Metepec, Edo. de México, 01 722 208 7200, extensión (3630).

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. San Juanito Itzicuaro S/N, Arboledas Valladolid, C.P. 58330 Morelia, Michoacán.

Correo electrónico: [*hberriel_1999@yahoo.com](mailto:hberriel_1999@yahoo.com)

RESUMEN

En México los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se han incrementado debido al abaratamiento de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), a la “Obsolescencia Programada”, a que los productores no aplican la “Responsabilidad Extendida” y, a que no se implementa la Gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU) en todas las municipalidades. El objetivo del presente trabajo fue conocer la proporción de RAEE que existen en los sitios de disposición final (SDF) de municipios del Estado de México que colindan con municipios de Morelos, Guerrero, y Michoacán, así como exponer el riesgo que representan para el ambiente y la salud pública. Para ello se muestreó y caracterizó RSU en los SDF y se realizó la tipificación de los efectos ambientales y a la salud de los RAEE, mediante observación en campo e investigación documental. Se constató que debido a la poca vigilancia, al incipiente interés de autoridades municipales y a la falta de conocimiento de los compuestos tóxicos que contienen los RAEE, éstos son desmantelados por los segregadores primarios en los SDF sin equipo de protección, dejando los restos a la intemperie, con lo que los lixiviados generados contienen metales pesados y Retardadores de Flama Bromados (BFR), o bien son quemados generando compuestos peligrosos como dioxinas y furanos. Para reducir los efectos a la salud y al ambiente por los RAEE se requiere informar a la ciudadanía sobre sus riesgos potenciales, implementar la GIRSU y promover que los productores de los AEE apliquen la “Garantía extendida”.

Palabras Clave: RAEE, Riesgos potenciales, Tiraderos, Toxicidad, Salud.

1. INTRODUCCIÓN

En México, los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) o WEEE (siglas de Waste Electrical Electronic Equipment) son considerados residuos manejo especial de acuerdo con el artículo 19, fracción VIII de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) [1]. La producción de RAEE en México en el 2006 fue alrededor de 300,000 toneladas, de las cuales el 70% fue almacenado por sus dueños, el 15% se dispusieron inadecuadamente en Tiraderos a Cielo Abierto (TCA), menos del 2% se recicló y el resto se exportó ilegalmente. Se estima que en el año 2012 se produjeron 400,000 ton, con un incremento anual de la generación del 3 al 5% [2]. Asimismo, de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Ecología (INE), el volumen de los RAEE se ha incrementado desde 2010, debido a que su producción per cápita fue de tres a cinco kg en ese año, en tanto que para el año 2015 la cifra creció a nueve kg/hab. Esto último refiere que en 2015 se produjeron sobre 900,000 ton de RAEE [3].

Los RAEE se clasifican desde el punto de vista de la producción, comercialización y consumo, en distintos tipos de aparatos, una manera es: Línea blanca (refrigeradores, estufas, hornos de microondas, lavadoras, secadoras, lavavajillas, etc.); Línea marrón (entretenimiento: televisores,

radios, grabadoras, videojuegos, videocaseteras, reproductores, etc.); y la Línea gris (informática y comunicación: computadoras, monitores, impresoras, escáneres, tarjetas electrónicas, teléfonos, laptops, decodificadores, módems, enrutadores, interruptores, concentradores, monitores, impresoras, discos duros, fuentes de poder y reguladores, cables cargadores, faxes, teclados, etc.). Otros RAEE no están catalogados en ninguna de las tres anteriores son: los calentadores solares, placas solares, estaciones de carga, inversores, aerogeneradores, termotanques, luminarias solares de leds, plantas solares, soportes para paneles, cinescopios, cartuchos de tóner, televisores de madera, focos, lámparas de mercurio y pilas alcalinas [4]. En la Unión Europea el Anexo I de la Directiva 2012/19/UE clasifica a los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en 10 categorías y de ahí sus RAEE [5].

Existen en México empresas que acopian los RAEE y los venden a empresas recicladoras; entre los que se encuentran algunos plásticos como el poliestireno de alto impacto (HIPS), el termoplástico ABS (copolímero compuesto de acrilonitrilo, butadieno y estireno) y el polipropileno (PP), así como el vidrio (de paneles y funnel), materiales ferrosos (hierro y acero) y metales no ferrosos como Cu y aluminio (Al), entre otros. El mercado informal ha propiciado que los “chattarreros” y los segregadores primarios (SP), que son personas de bajos recursos, se dediquen a coleccionar y pepear entre los residuos sólidos urbanos (RSU) los RAEE, y a extraer de éstos las partes que pueden vender [6].

El incremento de los RAEE se debe en parte al abaratamiento de los AEE, a la “obsolescencia programada” a que los productores no aplican la “Responsabilidad Extendida” [7, 8 y 9], y a que pese a los esfuerzos por los programas de acopio o RECICLATRONES promovidos por la SEMARNAT, Organizaciones no gubernamentales (ONG), instituciones educativas y gobiernos locales y estatales; los AEE al final de la vida útil son recogidos por los “chattarreros”, o bien llegan a los sitios de disposición final (SDF) de RSU [6]. El problema de los RAEE, especialmente los de las Líneas marrón y gris, es por cómo los SP los desensamblan, para extraer los componentes comercializables; y porque al disponerlos en Tiraderos a Cielo Abierto (TCA), el agua de la lluvia puede disolver y arrastrar sustancias tóxicas al suelo y a los mantos freáticos [10]. Los SP extraen los componentes básicamente dos maneras; la física, que consiste en romper con martillo, piedra o palo el RAEE y arrancar los componentes valiosos, sin guantes que impidan el acceso por la piel de compuestos tóxicos como el mercurio (Hg); y la forma térmica, la cual se lleva a cabo incinerando los RAEE para eliminar los plásticos y quedarse con el Cobre (Cu) principalmente, donde sustancias como Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Bifenilos Policlorados (BPCs) y Éteres bifenílicos policromados (PBDEs), se volatilizan y son precursores de dioxinas y furanos, que pueden ser respirados por los SP que no usan mascarillas, o bien emitidos al ambiente, afectando al suelo, a los cuerpos de agua y a los ecosistemas aledaños [11].

En México los AEE y los RAEE siguen el modelo construido por el Laboratorio Federal de Prueba de Materiales y de Investigación (EMPA) en Suiza ‘Vía verde’, desarrollado por Heinz Böni [14], que consta de cuatro etapas: 1. Consumo, 2. Recolección, 3. Recuperación y 4. Disposición; y el INECC estima que en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), los consumidores de AEE entregan al camión recolector de RSU el 42% de los RAEE, el 30% es regalado, 11% son almacenados por éstos y el 17% es vendido. Conforme a lo anterior se deduce que los SP y el comercio informal juegan un papel preponderante en las etapas 2 a 4 [15].

Conforme a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue conocer la proporción de RAEE que existen en SDF de municipios de la periferia del Estado de México y SDF de municipios que colindan de Morelos, Guerrero y Michoacán, para sustentar si existen riesgos potenciales en los SDF para los SP y el ambiente.

2. METODOLOGÍA

2.1 Muestreo experimental de la investigación

El muestreo de RSU se realizó en tres municipios de la periferia del Estado de México (situados en el este, sur y oeste, considerando como punto central el municipio de Toluca, Edo. de México) y un municipio colindante con el Estado de México de las entidades federativas de Morelos, Guerrero, y Michoacán. De cada sitio de estudio, se tomó una muestra compuesta, la cual se conformó colectando RSU de cinco puntos elegidos aleatoriamente de la capa superficial, aproximadamente 100 kg y se colocaron en un área plana y despejada, aledaña del frente de tiro del sitio, donde se mezclaron con ayuda de palas y se procedió a aplicar el Método de cuarteo para RSU descrito en la NMX-AA-015-1985 [12].

2.2 Caracterización de subproductos

De la muestra compuesta (aproximadamente 50 kg de RSU) se seleccionaron los 27 subproductos mencionados en la NMX-AA-022-1985 [13], incorporando a la lista los RAEE. Los diferentes subproductos se depositaron en charolas previamente pesadas, posteriormente se pesaron cada una de las charolas con las fracciones separadas en una báscula digital. Los pesos de cada subproducto se anotaron en una hoja de cálculo (Excel) y se determinó el porcentaje relativo de cada uno de ellos.

2.3. Tipificación de los efectos ambientales y a la salud de los RAEE

Para la tipificación se recurrió a la búsqueda en campo de los RAEE en los SDF visitados y a la investigación documental sobre la composición de éstos y su riesgo. La investigación documental incluyó la identificación de los principales componentes de los AEE, los compuestos tóxicos existentes en ellos y los riesgos potenciales a la salud y al ambiente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Muestreo y caracterización de subproductos

Para los fines de este trabajo en la tabla 1 se presentan los porcentajes de los RAEE, los Residuos Orgánicos (RO) y los Residuos Inorgánicos (RI) determinados de los RSU de los SDF visitados. Como puede apreciarse en los SDF de Zacualpan, Estado de México y Tuzantla, Mich., los RAEE superan el 7.00%, mientras que en Huitzilac, Morelos y Tejupilco, Estado de México, no rebasan el 1.00 %; lo cual corrobora que la presencia de los RAEE no depende de la ubicación geográfica [10], [11]. Por otra parte, en los SDF de Xalatlaco, Estado de México y Pilcaya, Guerrero, no se cuantificaron RAEE en la muestra compuesta de RSU; sin embargo, esto no quiere decir que el lugar esté exento de este tipo de residuos, debido a que en el caso de Xalatlaco, Estado de México se tiene un programa de acopio de RAEE (Figura 1), por lo que son separados por trabajadores del municipio; y en el caso del SDF de Pilcaya, Gro. (Figura 2), de acuerdo a información verbal de los SP, ellos los separan y desmantelan, vendiendo por separado las partes. A manera de ejemplo, la última columna de la tabla 1 contiene las cantidades calculadas de RAEE que se encuentran en estos SDF por cada tonelada de RSU dispuestos; estos resultados deben ser un foco de alerta, especialmente en los municipios de Zacualpan, Estado de México y Tuzantla, Michoacán.

Tabla 1. Composición de RSU en SDF visitados

Zona	Municipio	RAEE (%)	RO (%)	RI (%)	RAEE (kg/ton RSU)
Este	Xalatlaco, Edo. Mex.	0.00	61.79	38.21	0.00
Sureste	Huitzilac, Mor.	0.97	49.41	49.62	9.70
Sur	Zacualpan, Edo. Mex.	7.86	41.66	50.48	78.60
Sur	Pilcaya, Gro.	0.00	56.28	43.72	0.00
Suroeste	Tejupilco, Edo. Mex.	0.16	54.46	45.38	1.60
Oeste	Tuzantla, Mich.	7.14	69.13	23.73	71.40



Figura 1. RAEE separados en Xalatlaco, Edo. Mex.



Figura 2. RAEE en SDF de Pilcaya, Gro.

3.2. Tipificación de los efectos ambientales y a la salud de los RAEE

Durante la búsqueda en campo en todos los SDF visitados se detectaron RAEE y de acuerdo a información brindada por los SP, ellos los acopian, desmantelan de acuerdo a lo mencionado con antelación en la introducción y venden las diferentes partes. En la tabla 2 se presentan los principales materiales que se pueden recuperar de los AEE, siendo los primeros seis los de mayor porcentaje. Con excepción de Vidrio y Otros (que se desconoce su composición), el resto de los materiales pueden ser considerados compuestos tóxicos [11], [16].

Entre los materiales de los RAEE con compuestos potencialmente tóxicos destacan los plásticos, debido a que contienen orgánicos polibromados, denominados también Retardadores de Flama Bromados (BFR); entre éstos los utilizados con mayor frecuencia son: Polibromobifenilos (PBBs), Éteres Bifenílicos Polibromados (PBDE's) y el Tetrabromobifenol A (TBBPA) (Tabla 3). En cuanto a metales pesados (MP), los RAEE contienen: Plomo (Pb) en tubos de rayo catódico y soldadura, Arsénico (As) en tubos de rayo catódico más antiguos, Trióxido de antimonio como retardante de fuego, Selenio (Se) en los tableros de circuitos como rectificador de suministro de energía, Cadmio (Cd) en tableros de circuitos y semiconductores, Cromo hexavalente (Cr VI) en el acero como anticorrosivo, Cobalto (Co) en el acero para estructura y magnetividad, y Mercurio (Hg) en interruptores y cubiertas [9 11], [16].

Tabla 2. Materiales recuperados de televisores, teléfonos celulares y computadoras

Materiales/Equipos	Computadora (%)	Celular (%)	Televisor (%)
Plásticos	22.99	57.00	22.90
Vidrio	24.88	2.00	62.00
Plomo	6.30	0.30	1.30
Aluminio	14.17	1.00	2.17
Hierro	20.47	5.00	5.30
Cobre	6.93	13.00	5.22
Níquel	0.85	0.10	0.22
Oro	0.0016	0.03	0.001
Paladio	0.0003	0.02	0.0004
Plata	0.02	0.13	0.01
Otros	3.39	21.41	0.87

Fuente: Adaptado de [13], [16].

Tabla 3. BFR usados como aditivos de los plásticos de electrónicos

Equipos	Partes con plásticos
Televisores y Pantallas	Tabla de circuitería, Chasis de Plástico y TRC
Computadoras de escritorio y portátiles	Chasis de Monitor, Tarjeta de circuitos en Monitor, Plásticos y tarjetas de circuitos de Teclado y ratón, Gabinete plástico, Tarjeta madre, Pasta de adhesión en el microprocesador y Memoria.
Videojuegos:	Plásticos del equipo y Microprocesador
Video reproductores (VCR, VHS, DVD, BlueRay):	Tarjetas de circuitos, Microcontroladores y Chasis

Fuente: Adaptado de [11].

La Directiva de la Unión Europea 2002/95/CE, que entró en vigor el 1º de Julio de 2006 en toda la Comunidad Europea, propone la eliminación de Pb, Hg, Cd, Cr VI, polibromobifenilos (PBB) o polibromodifeniléteres (PBDEs) en los AEE, debido a que son sustancias consideradas tóxicas al ambiente y a la salud humana [5], [17]. Aunque la Directiva 2002/95/CE ha contribuido eficazmente a la reducción de las sustancias peligrosas contenidas en AEE nuevos, pero en los RAEE de AEE antes producidos seguirán estando presentes durante muchos años. Los componentes peligrosos contenidos en los AEE constituyen un problema importante en la gestión de los residuos, donde su grado de reciclado de los RAEE es insuficiente [9]. Los efectos a la salud relacionados con sustancias químicas encontradas en los RAEE o generados durante su incineración son los siguientes [11], [16]:

- a) PBDEs. Ingresan al organismo de los seres humanos a través de los alimentos y al estar en el ambiente se puede absorber y bioacumularse en los tejidos grasos de los seres vivos. Los efectos son daño en el desarrollo reproductivo, deficiencia en el desarrollo neuroconductual, afecta la función tiroidea y tiene efectos hormonales.

- b) PCBs (bifenilos policlorados). Producen carcinogenicidad en múltiples órganos como hígado y tiroides, así como deficiencia en el desarrollo del sistema inmunológico, reproductivo y neurológico.
- c) PCDD/Fs (dibenzo-p- dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados). Se producen durante la incineración. Causan carcinogenicidad, daños reproductivos y neuroconductuales y afectan al sistema inmunológico
- d) PAHs (Hidrocarburos policíclicos aromáticos de alto peso molecular). Se producen durante la incineración. Producen arcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad.

Para MP se presentan en seguida sus principales vías de absorción, sus efectos agudo (Ef-ag) y crónico (Ef-cr), y el Límite Máximo Permisible (LMP) calculado para condiciones normales de temperatura y presión, para una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas a la semana. Debe tenerse en cuenta que la toxicidad de un elemento químico depende de su forma química, estado de oxidación y solubilidad [16], [18], [19]:

- a) Pb. Vía respiratoria; Ef-ag: Irritabilidad, disminución del coeficiente intelectual. Ef-cr: Saturnismo. 0.05 mg/m³ LMP.
- b) Cd. Vía respiratoria; Ef-ag: sudoración, náuseas, dolor epigástrico, tos y disnea intestinal; y Ef-cr: pérdida de peso, tos y enfisema pulmonar. Vía digestiva; Ef-ag: Violentos vómitos, diarrea (sangre) y dolor abdominal; Ef-cr: diente cádmico (anillos amarillo-dorado en esmalte), cáncer de próstata, pérdida de olfato, anemia y lesiones renales. 0.05 mg/m³ LMP.
- c) Cr VI. Vía respiratoria; Ef-ag: Úlceras en las mucosas; Ef-cr: Irritación faríngea, tos, ulceración y perforación del tabique nasal. Vía digestiva; Ef-ag: Mareo, sed intensa, dolor abdominal, shock, insuficiencia hepanorenal o intoxicación gastrointestinal. Absorción Percutánea: Ef-cr: Dermatitis alérgica (llagas), conjuntivitis, lagrimeo e ictericia. 0.001 mg/m³ LMP.
- d) Hg. Vía respiratoria; Ef-ag: Falta de coordinación muscular, tos, nauseas, diarrea, dificultad para respirar, insuficiencia renal, nerviosismo, y temblores (dedos, párpados, labios, lengua, extremidades y cabeza). Ef-cr: Eretismo mercurial, insomnio, ceguera, dolor de cabeza, degenera neuronas motoras de la medula espinal, estomatitis mercurial, retardo mental hasta destrucción masiva del cerebelo y ganglios cerebrales básiases. 0.1 mg/m³ LMP.
- e) Ni. Vía respiratoria: Causa cáncer en el aparato respiratorio. Absorción percutánea: Provoca dermatitis conocida como sarna del níquel. 0.005 mg/m³ LMP.
- f) Be. Vía respiratoria; Ef-ag: Edema pulmonar (Beriliosis), hasta las 72 hr siguientes a la exposición. Ef-cr: Escalfríos y fiebre, anorexia y pérdida de peso, cálculos renales, acrocianosis y agarrotamiento de los dedos, los efectos pueden retardarse hasta 15 años. Absorción Percutánea: Produce irritación primaria en partes expuestas, con quemaduras de 1er. y 2o. grado. 0.002 mg/m³ LMP.
- g) Se. Causa pérdida de cabello, uñas frágiles, anormalidades cardiovasculares, renales y neurológicas.
- h) Ar. Genera alteraciones cutáneas, reducción de la conductividad nerviosa, incremento en el riesgo de padecer diabetes y cáncer en tejidos.
- i) Cu. Daño hepático.
- j) Fe. Daño hepático.

En cuanto a afectaciones al ambiente por los RAEE se tienen en primer plano la contaminación del suelo y cuerpos de agua superficiales y subterráneos, debido que al estar expuesto estos residuos o las fracciones de éstos por el desmantelamiento de los SP, sus compuestos tóxicos se disolverán y/o

reaccionarán con otros residuos, produciendo lixiviados que además de presentar altas cargas orgánicas a causa de los RO de los RSU (Tabla 1), contendrán BFR y MP; provocando el deterioro y la reducción de la productividad del suelo. Con respecto a los efectos en los cuerpos de agua a corto plazo (toxicidad aguda), la contaminación con lixiviados depende de su composición, concentración y de las características del medio receptor; modificando su pH, conductividad, alcalinidad y concentración NH_3 no ionizado a niveles perjudiciales para la vida acuática, especialmente para los organismos de agua dulce. Los efectos de la toxicidad crónica son difíciles de observar a simple vista, debido a los daños que ocurren en la función, estructura e integridad de biomoléculas, produciendo alteraciones metabólicas, funcionales o reproductivas en los organismos, como genotoxicidad en vegetales [18], [20].

No menos importante es la afectación al aire por el quemado de RSU (Figuras 3 y 4) o contaminación atmosférica. El quemado puede ser utilizado para reducir el volumen de los RSU, o en el caso de los RAEE para obtener metales. Dependiendo de la temperatura alcanzada durante este proceso algunos contaminantes se volatilizarán (Cd, Pb, Cr, Hg y Zn); otros se descompondrán en sus elementos o compuestos más simples (CO_2 , H_2 , H_2O , CO, Cl_2 , N_2) y también se producirán nuevos compuestos, como aquellos que contribuyen a la lluvia ácida (NO_x , SO_x , CO_2 , HCl, HF), el material particulado (PM10) que reduce la visibilidad y puede introducirse a los pulmones; benzopirenos y alquitranes (cancerígenos); y dioxinas y furanos. Las dioxinas tienen por nombre genérico policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDD) y comprenden un grupo de 75 compuestos; mientras que los furanos comprenden 135 compuestos, con el nombre genérico de policloro dibenzo-p-furanos (PCDF); ambos grupos son persistentes en la naturaleza (dura años sin degradarse) y por su alta lipofiliidad se bioacumulan en los tejidos grasos de los organismos aumentando su concentración a lo largo de la cadena trófica [20], [21].



Figura 3. Quema de RSU.



Figura 4. SDF del centro del Edo. de México prendido.

Fuente: PNUMA IETC, 2017.

4. CONCLUSIONES

El encontrar RAEE en la mayoría de los SDF de este trabajo es un foco de alerta y su proporción se incrementará si no se aplica la “Garantía extendida” desde la parte oficial de México.

Se requiere llevar a cabo en cada municipio la GIRSU, para informar y concientizar a la ciudadanía sobre los riesgos potenciales de los RAEE, así como integrar a los SP y chatarreros para que se formalicen y dejen de producir restos de RAEE en los SDF.

Es importante continuar con caracterizaciones en los SDF y realizar investigaciones sobre afectaciones por los RAEE a la salud de los SP y al ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Sectorial de Investigación Ambiental, SEMARNAT-CONACYT 2015, por el apoyo para la realización del este trabajo dentro del Proyecto “Ubicación de rellenos sanitarios intermunicipales futuros en el Estado de México y Estados aledaños” clave 263315.

Al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo brindado en cuanto al traslado a los SDF.

A la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México por la gestión con las autoridades municipales.

5. REFERENCIAS

- [1] DOF (Diario Oficial de la Federación). 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Texto Vigente, Última Reforma Publicada 04/06/2014.
- [2] INECC-SEMARNAT (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, Versión Extensa. http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcnica/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf
- [3] Manufactura. 2017. Cada mexicano genera 9 kilos anuales de basura electrónica. Publicado el Miércoles, 23 de marzo de 2016. <http://www.manufactura.mx/industria/2016/03/23/mexico-enfrenta-exceso-de-basura-electronica>
- [4] RAEE.ORG.CO. 2014. Categorías de RAEE. 15 abril, 2014, Colombia. <http://raee.org.co/pagina-ejemplo/que-son-los-raee/categorias-de-raee/>
- [5] DEUE. 2003. (22/Ago/2017). Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos Diario Oficial de la Unión Europea (DEUE). <https://www.boe.es/doue/2003/037/L00019-00023.pdf>
- [6] Cervantes, J. y Palacios, L. 2012. El trabajo en la pepena informal en México: nuevas realidades, nuevas desigualdades. Estudios Demográficos y Urbanos. 27(1). pp. 95-117.
- [7] Lisart, V., Serrano, R., Vasserot, C., Velasco, J. y Denise, V. 2017. Obsolescencia Programada. Escuela Superior de Malaga. EPS. http://www.raquel_serrano.com/wp-content/files/metodo-Obsolescencia-programada.pdf
- [8] EV (Ecología Verde). 2017. La obsolescencia programada. Ecología Verde. <http://www.ecologiaverde.com/la-obsolescencia-programada>
- [9] DEUE (Diario Oficial de la Unión Europea). 2012. Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (refundición) (Texto pertinente a efectos del EEE) <http://www.lamoncloa.gob.es/espana/eh15/medioambiente/Documents/Directiva%20residuos%20el%C3%A9ctricos%20y%20electr%C3%B3nicos.pdf>

- [10] UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2010. Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe Sector Comunicación e Información Representación de la UNESCO ante el MERCOSUR Chile Oficina UNESCO Montevideo. Plataforma RELAC SUR/IDRC. ISBN 978-92-9089-150-5. <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001900/190020s.pdf>
- [11] INE (Instituto Nacional de Ecología). 2007. Diagnóstico sobre la Generación de Residuos Electrónicos en México. Estudio desarrollado por el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del IPN. Instituto Nacional de Ecología. http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/res_electronicos_borrador_final.pdf
- [12] DOF (Diario Oficial de la Federación). 1992. Norma Mexicana NMX-AA-15-1985, Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de Cuarteo. Norma Oficial Mexicana modificada a Norma Mexicana, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) de fecha 6 de Noviembre de 1992. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa015.pdf>
- [13] SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y recursos Naturales). 2017. NMX-AA-022-1985 Protección al ambiente, Contaminación del suelo, Residuos sólidos municipales, Selección y cuantificación de subproductos. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>
- [14] Böni, H. 2009. Proyectos e iniciativas latinoamericanas para la gestión de residuos electrónicos. Un análisis transversal, Sustec – EMPA, 2009. http://www.residuoselectronicos.net/archivos/boletin/PLATAFORMA_RELAC_BOLETIN17_diciembre2009.html
- [15] SEDEMA (Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México). 2017. Jornadas de acopio de residuos electrónicos y eléctricos, RECICLATRON 2017 Cd. de México. Subdirección de Procesos Escolarizados de la Dirección de Educación Ambiental (DEA), de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/reciclatron/#.WatUPciGPIU>
- [16] INE (Instituto Nacional de Ecología). 2011. Elaboración de un documento integrado de la información generada de los proyectos nacionales y la experiencia en otros países en materia de residuos electrónicos. Los residuos electrónicos en México y el mundo. 11 DE NOVIEMBRE 2011 CONTRATO No. INE/ADA-004/2011. Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional Dirección de Investigación sobre Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos. http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/2011_proyectos_res_elec.pdf
- [17] Lozano, B., Poveda, P. y López, a. 2015. Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, Sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Núm. 45. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. <http://www.gomezacebo-pombo.com/media/k2/attachments/real-decreto-110-2015-de-20-de-febrero-sobre-residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos-principales-novedades.pdf>
- [18] ITESM-INE-SEMARNAT (Instituto Tecnológico de Monterrey-Instituto Nacional de Ecología-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. Reporte final del

proyecto diagnóstico regional sobre la generación de residuos electrónicos al final de su vida útil en la región noreste de México contrato No. INE/I3P-012/2007. Tecnológico de Monterrey (ITESM), Instituto Nacional de Ecología (INE) y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Monterrey, N.L.
http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/res_electronicos_noreste_reporte_final.pdf

- [19] PNUMA IETC (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Centro Internacional de Tecnología ambiental). 2017. Trabajo del PNUMA IETC en la gestión de residuos sólidos: desafíos y oportunidades Jornada Regional de difusión sobre el Convenio de Mercurio, en el marco de la agenda de Químicos y Residuos de MERCOSUR 20 Mayo 2013. http://www.cbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2013/04/M.-Gubb-TRABAJO-DEL-PNUMA-IETC-EN-LA-GESTI%C3%93N-DE-RESIDUOS-S%C3%93LIDOS_-DESAFIOS-Y-OPORTUNIDADES.pdf
- [20] Piña, A. y Robles, F. 2011. Toxicología de la contaminación proveniente de los residuos sólidos, Capítulo 12. En: Residuos sólidos: un enfoque multidisciplinario. ISBN: 978-1-59754-584-6. Editorial LIBROSEN RED. pp 19-60.
- [21] CCA (Comisión para la Cooperación Ambiental). 2016. Dioxinas, furanos y hexaclorobenceno. Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). <http://www.cec.org/es/recursos/dioxinas-furanos-y-hexaclorobenceno>.

CULTURA DE CONSUMO Y MANEJO DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN LA FRONTERA NORTE DE MÉXICO

¹Samantha E. Cruz Sotelo*, ²Sara Ojeda Benitez

¹ Facultad de Ingeniería, UABC Benito Juárez y calle de la Normal s/n colonia Insurgentes Este Mexicali, B.C. México 21280

² Instituto de Ingeniería, UABC Benito Juárez y calle de la Normal s/n colonia Insurgentes Este Mexicali, B.C. México 21280

Correo electrónico: *samantha.cruz@uabc.edu.mx

RESUMEN

Los ciclos de vida de los aparatos electrónicos (AE) son cada vez más cortos, los consumidores buscan mayor variedad de funciones, encontrando una gran variedad de opciones a menores costos, haciendo más fácil el acceso a éstos y dando lugar a la generación de residuos electrónicos, los cuales requieren un manejo específico diferenciado de los residuos sólidos urbanos (RSU), al identificarse como residuos de manejo especial, por contener compuestos tóxicos en una proporción mínima. En este trabajo se presentan los resultados de una investigación que se realizó en una ciudad fronteriza para identificar las prácticas de consumo y manejo de los residuos electrónicos en el sector residencial. Los resultados muestran que una práctica común entre la comunidad es reparar. Esta práctica refleja que el ciclo de vida del AE se alarga antes de ser desechado. Es importante que se promuevan programas de concientización para que los consumidores se involucren en la cadena de valor y participen en programas de manejo de RAEE.

Palabras Clave: *Residuos electrónicos, compra, disposición, reparación, TV analógica*

1. INTRODUCCIÓN

Con la llegada de la sociedad de la información y el alto consumo de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), la sociedad se enfrenta al reto de manejar el flujo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) de una manera sustentable y responsable.

La revolución tecnológica día con día contribuye con nuevos modelos de AEE, impulsada por la rápida innovación, la miniaturización, así como la disminución del ciclo de vida del producto, lo que impulsa a los consumidores a comprar productos nuevos y más actuales en términos de productos tecnológicos mientras descartan productos obsoletos, lo cual provoca acumulación de residuos electrónicos con componentes tóxicos. Aunado a esto están las incongruencias en las políticas y prácticas tanto nacionales como regionales que han dado lugar a riesgos que están asociados con la generación, almacenamiento y procesamiento de residuos electrónicos. Es así que los RAEE son uno de los flujos de residuos de más rápido crecimiento en el mundo en términos de volumen e impacto en el planeta [1], [2].

Los RAEE representan tanto un problema medioambiental emergente, como una oportunidad comercial, por el contenido de materiales tanto tóxicos como valiosos que tienen un valor económico cuando se reciclan. Desafortunadamente, la mayoría de los RAEE se acopian en el sector informal, quienes segregan los componentes que tiene valor y pueden ser reciclados, sin embargo es un sector que no cumple con la normatividad, lo se traduce en un riesgo significativo, de exposiciones tóxicas, para los segregadores [3].

La falta de medidas de prevención, control e información han llevado a la ejecución de prácticas inadecuadas en el manejo y disposición de los RAEE. Lepawsky, [4] señala que desde hace más de una década el problema de los residuos electrónicos se ha enmarcado en términos de exportaciones de los países ricos, particularmente EUA, Canadá y los de Europa, a los países pobres y/o de economías emergentes para ser procesados en condiciones peligrosas para los trabajadores, impactando su salud y al ambiente. De acuerdo a Pickren [5], el rápido crecimiento de los equipos electrónicos descartados, lo sitúa como un problema emergente. Además, el problema de la basura electrónica, es un problema global, del que México no está exento.

De acuerdo a Kuehr [6], México está entre los 40 países del mundo y seis latinoamericanos que desechan más aparatos electrónicos, entre los primeros del mundo están Estados Unidos y China con una generación de un poco más de 7,000 millones de toneladas el primero y 6,000 el segundo, ambos aportan el 32% del total generado a nivel mundial.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó en la ciudad de Mexicali, cabecera del Municipio del mismo nombre se ubica en la parte norte del estado de Baja California y es la capital del estado; limita al norte con Estados Unidos de Norteamérica; al sur con el municipio de Ensenada; al poniente con el de Tecate y al oriente con el Estado de Sonora y el Golfo de California, el Municipio de Mexicali representa el 18% de la superficie del estado de Baja California, en la Figura 1 se ilustra su ubicación geográfica.



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

Para realizar el estudio se diseñó un instrumento para aplicarlo al consumidor residencial. Para seleccionar una muestra representativa del consumidor y determinar el tamaño de muestra del sector residencial se aplicó la ecuación 1.

$$n = \frac{Nk^2}{N\beta^2 + k} \quad (1)$$

Donde:

N: Es la población

n: Muestra

k: Constante

β_2 : Nivel de confianza

Para aplicar el instrumento al sector residencial se decidió dividir la ciudad en cinco zonas, ubicando cinco lugares públicos, en la Figura 2 se presenta como se dividió la ciudad, los puntos de muestreo fueron cinco plazas distribuidas en las secciones elegidas: 1) Plaza Cachanilla, 2). Plaza Nuevo Mexicali, 3). Plaza Carranza. 4) Plaza Galerías y 5) Juventud 2000.



Figura 2. Ubicación de áreas para desarrollar trabajo de campo

2.1 Diseño de instrumento

El instrumento que se diseñó para este estudio se organizó en cuatro secciones: 1) Datos Generales, 2) Consumo, 3) Manejo 4) Conocimiento y Participación, En la primera sección se incluyeron los datos demográficos como son: sexo, edad, escolaridad, ocupación y número de integrantes en la familia, en la sección consumo, se incluyeron preguntas para identificar el factor que influye en la compra de un AEE, las prácticas de consumo al reemplazar los AEE que entran en desuso por que no funcionan, así como la práctica de comprar nuevo o usado y el lugar de compra.

En la tercera sección, se incluyeron las variables que están asociadas al manejo de los AEE que se convierte en equipo electrónico obsoleto o en RAEE, para conocer el flujo de los RAEE, la composición de los AEE en la vivienda, las prácticas de disposición, de reuso y particularmente el manejo de la televisión analógica.

Por último, en el apartado de Conocimiento y participación se incluyeron preguntas, para conocer el conocimiento que tiene sobre el manejo de los RAEEs y su impacto en el ambiente, así como el grado de interés y disposición del generador residencial con relación a la aplicación de medidas sustentables en la disposición y tratamiento de estos residuos.

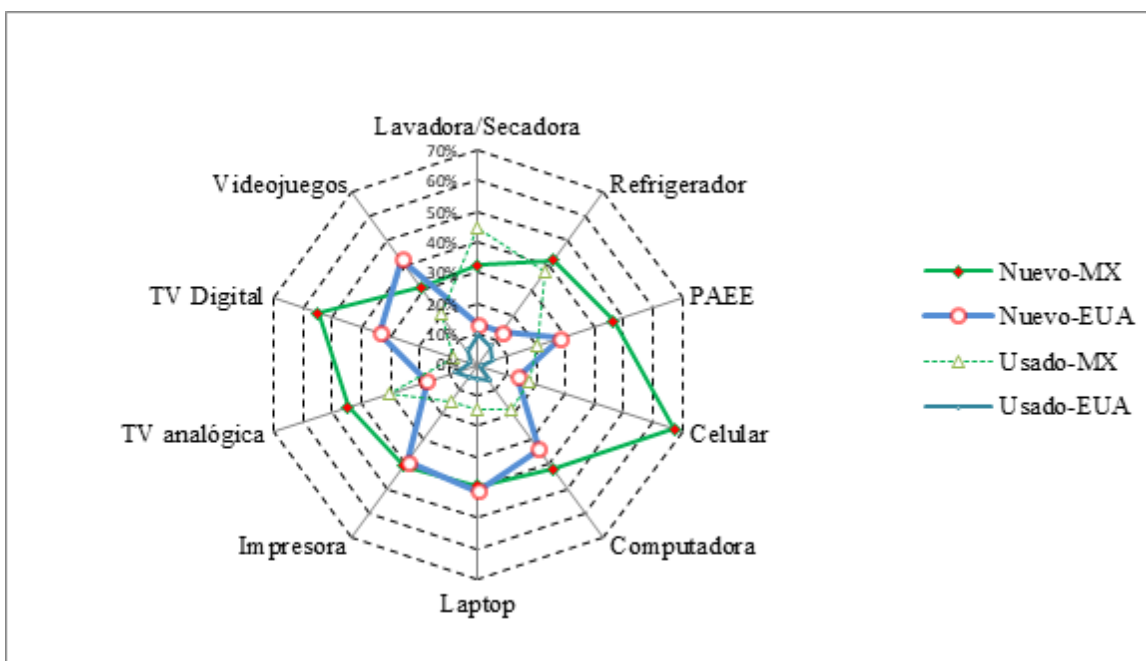
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La encuesta se aplicó en cinco plazas que están ubicadas en las cinco áreas que se dividió la ciudad para buscar que hubiera representación de toda la ciudad.

Con relación a los datos demográficos se encontró que la población encuestada es una población joven, la escolaridad que predomina es nivel preparatoria, el 40% reportó haberla concluido, mientras que el 27% tienen estudios universitarios. En promedio hay cuatro habitantes por familia.

En la Figura 3 se presentan los resultados de las prácticas de consumo de equipos nuevos y usados, así como del lugar de compra. Se observa cómo se combinan las prácticas de consumo de los electrónicos en México y Estados Unidos. Los equipos que adquieren nuevos en México, son celulares (68%), TV Digital (55%), seguido de PAEE (46%) y computadora (42%). El electrónico nuevo que más consumen en Estados Unidos es el videojuego (43%), seguido de la Laptop (41%)

impresora (39%), computadora (34%) y TV digital (34%). Los equipos nuevos que consumen en ambos países son las impresoras y laptops.



PAEE. Pequeño aparato eléctrico electrónico

Figura 3. Prácticas de consumo al reemplazar un equipo electrónico

A diferencia de lo que se esperaría, por ser Mexicali una ciudad fronteriza, los resultados muestran un porcentaje muy bajo en compras de segunda mano de equipos electrónicos (EE) en EUA en la práctica de reemplazo, a diferencia del consumo de segunda mano que si lo practican en México. El consumo de segunda mano es más frecuente en México, principalmente lavadora 45% y TV analógica (31%). En Estados Unidos hay muy poco consumo de equipos usados, este dato refleja la tendencia que hay en las generaciones jóvenes de consumir electrónicos nuevos, asociada a la edad de la población encuestada.

Con relación a las prácticas de manejo de los EE que ya no funcionan, o que funcionan pero son reemplazados, se observa que la práctica más común es repararlo, el 70% repara su computadora portátil, el 67% repara la TV Digital, mientras que el 66% repara lavadora/secadora y el 65% el refrigerador. Esta práctica de manejo permite aumentar el tiempo de vida del EE antes de ser desechado. Los equipos que son tirados a la basura son los PAEE (38%). Con relación a la práctica de regalar, el 8% regala su celular y el 32% lo almacena (Figura 4).

Uno de los equipos electrónicos que más flujo presenta son las televisiones analógicas, a los generadores residenciales se les preguntó que habían hecho con esas televisiones después del apagón analógico, el 41% la regaló, el 39% aun la tiene almacenada, mientras que el 11% declaró que la tiró.

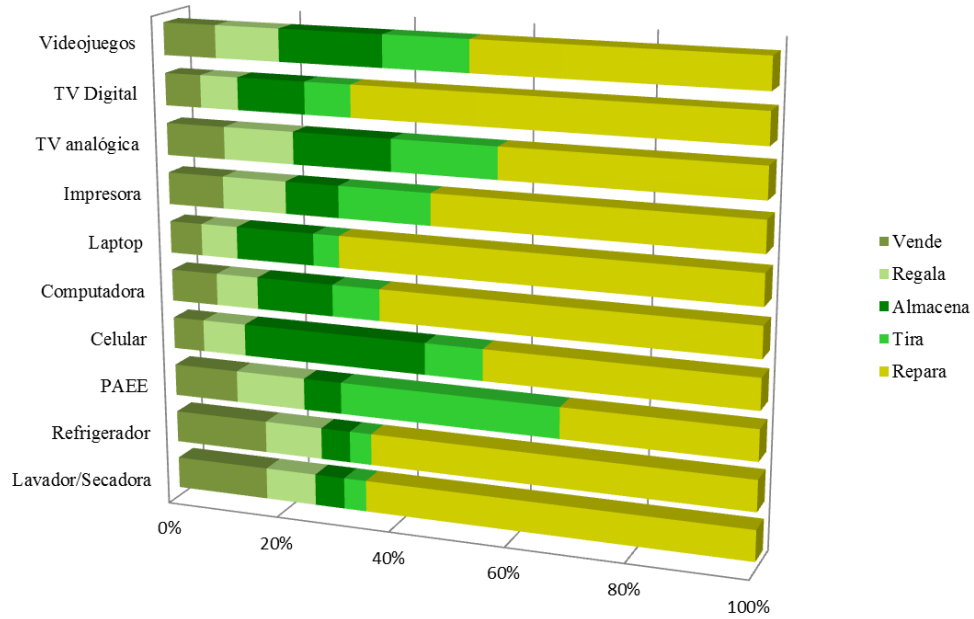


Figura 4. Prácticas de disposición de los EE que ya no funcionan

De acuerdo a la información que reportaron los encuestados sólo el 15% declaró tirar la TV analógica; sin embargo, en la Figura 5 se muestra esta práctica en varios puntos de la ciudad. Además, aún hay viviendas que tienen televisiones analógicas, el 67% de las viviendas incluidas en el estudio, aún tienen una televisión analógica, por lo que es importante que se concientice a la población sobre cómo deben disponer estos residuos, buscando reducir las prácticas de tirar en las banquetas o en lotes baldíos.

Cuando un EE no tiene reparación, las prácticas de manejo que realiza el consumidor son tirar regalar y vender. Sólo el 2% ha dispuesto sus residuos electrónicos en una campaña de acopio.



Figura 6. Televisiones analógicas dispuestas en aceras y lotes baldíos

La participación y el compromiso de la población para promover la gestión de residuos electrónicos es importante, por ello se les preguntó sobre su disposición a usar los centros de acopio, pagar un impuesto al comprar un EE nuevo, trasladar sus EE en desuso al centro de acopio, así como los lugares más adecuados para instalarlos. El 97% de los que están dispuestos a usar el centro de acopio para disponer sus RAEE, lo harían llevándolos al lugar que se establezca, por ello se les preguntó cuál sería el lugar más adecuado para ubicar un centro de acopio, el 35% de los habitantes de la ciudad prefieren los parques públicos, mientras que el 34% indicó que las empresas. Pero no están dispuestos a pagar por disponer sus RAEE, ni a pagar un impuesto al momento de la compra. Un porcentaje muy alto de la población tiene conocimiento sobre el problema que provocan estos residuos.

4. CONCLUSIONES

La complejidad del problema del manejo de los residuos electrónicos está asociado al crecimiento al consumo de AEE y las prácticas de manejo de los consumidores, En Mexicali por ser una ciudad fronteriza, la población tiene acceso a AEE a costos accesibles para reemplazar los AEE cuando han pasado de moda o se han descompuesto, en el mercado hay un flujo de AEE de segunda mano, los cuales proviene de EUA, ya que son adquiridos en negocios que compran estos en equipos en EUA. Las prácticas de consumo están relacionadas con la edad de la población, son generaciones jóvenes que tienden a consumir electrónicos nuevos. La población está dispuesta a llevar sus AEE en desuso a un centro de acopio, sin embargo en la localidad aún no existe la infraestructura para ello.

Las prácticas de manejo de los generadores residenciales deben ser modificadas, para ello es necesaria infraestructura para disponer en forma correcta estos residuos y recuperar los componentes y materiales que tiene valor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), el financiamiento otorgado para realizar el proyecto TAA15-026 Estudio de condiciones actuales y línea base para un proyecto de residuos electrónicos

5. REFERENCIAS

- [1] Li, J., Zeng, X., Chen, M., Ogunseitan, O. A., & Stevels, A. (2015). "Control-Alt-Delete": rebooting solutions for the e-waste problem. *Environmental science & technology*, 49(12), 7095-7108.
- [2] Kumar, A., Holuszko, M., & Espinosa, D. C. R. (2017). E-waste: an overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resources, Conservation and Recycling*. 122, 32-42.
- [3] Perkins, D. N., Drisse, M. N. B., Nxele, T., & Sly, P. D. (2014). E-waste: a global hazard. *Annals of global health*. 80(4), 286-295.
- [4] Lepawsky, J. (2015). The changing geography of global trade in electronic discards: time to rethink the e-waste problem. *The Geographical Journal*. 181 (2), 147-159.

- [5] Pickren, G. (2014). Geographies of E-waste: Towards a Political Ecology Approach to E-waste and Digital Technologies. *Geography Compass*. 8(2), 111-124.
- [6] Kuehr R., Magaline F y Baldé, C.P. (2015) eWaste in Latin America Statistical analysis and policy recommendations. GSMA/Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS) en línea: <http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015.pdf> 28/08/2017.

MODELO SUSTENTABLE EN EL MANEJO DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN UN MUNICIPIO

¹Sara Ojeda Benitez*, ²Samantha E. Cruz Sotelo.

¹ Instituto de Ingeniería, UABC Blvd Benito Juárez y calle de la Normal s/n colonia Insurgentes Este Mexicali, B.C. México 21280.

²Facultad de Ingeniería, UABC Blvd Benito Juárez y calle de la Normal s/n colonia Insurgentes Este Mexicali, B.C. Correo electrónico: *Sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

RESUMEN

La basura electrónica es un problema ambiental que está presente alrededor del mundo, es la corriente de residuos de mayor crecimiento, se estima que en el mundo aumenta entre 3%-5%. En México es un tema que requiere ser estudiado, es un país donde coexiste tanto la valorización del sector formal como el informal. El trabajo que se presenta es el resultado de un investigación documental y empírica sobre manejo de residuos electrónicos realizado en un municipio en México, como resultado de la investigación se propone un modelo para el manejo sustentable de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), en el cual se destacan los componentes que deben considerarse para transitar de un manejo desagregado en el que aún se presentan prácticas que carecen de soporte técnico y ambiental a una gestión que tienda hacia lo sustentable.

Palabras Clave: *Residuos electrónicos, manejo, municipio, valorización*

1. INTRODUCCIÓN

Con el comienzo de este milenio, la generación de residuos ha aumentado, el rápido avance de la tecnología, especialmente la producción de bienes eléctricos y electrónicos, ha dado lugar a una nueva corriente de residuos conocida como residuos eléctricos y electrónicos (REE), convirtiéndola en la corriente de residuos que crece más rápidamente en el mundo [1], [2] y [3]. El aumento de las tasas de obsolescencia de los equipos eléctricos y electrónicos se traduce en mayores tasas de generación de residuos electrónicos que conducen a problemas de eliminación.

Si el manejo de los RAEE no es el adecuado, pueden causar un impacto negativo en el medio ambiente, no solo a nivel local sino también a nivel mundial, así como en la salud humana. Los RAEE, conforman una corriente de residuos compleja y de rápido crecimiento, en el 2014 la cantidad total de RAEE producidos alcanzó más de 42 millones de toneladas en de RAEE [4]. Esta corriente de residuos posee características que los diferencian de otras corrientes de residuos, entre ellas están su potencial de aprovechamiento, al tener materiales recuperables de alto valor; la presencia de elementos tóxicos y de sustancias peligrosas que, si bien son necesarias para garantizar su funcionalidad, pueden emitirse al medio ambiente o ser perjudiciales para la salud humana, que requieren de un manejo ambiental que resguarde los ecosistemas y la salud pública; así como sus volúmenes y ritmo acelerado de crecimiento, determinados por los fenómenos de recambio tecnológico, asociados a la cultura del consumo y a la obsolescencia.

La sociedad moderna impulsada por la tecnología influye en el aumento de la generación de RAEE, tanto en cantidad como en variedad debido a la amplia utilización y la sustitución frecuente de los dispositivos electrónicos; es así que con el creciente consumo y obsolescencia de equipos eléctricos electrónicos (EE) la gestión sostenible de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos se está convirtiendo en un problema crítico a escala mundial [5], en el que México no es la excepción.

De acuerdo a la legislación en México, los residuos electrónicos son de manejo especial, por lo que no le corresponde al ayuntamiento realizar su gestión. Sin embargo hay un flujo de residuos electrónicos de origen domiciliario que se dispone en la corriente de los residuos sólidos urbanos (RSU) y requieren de un manejo especial, por lo que es ahí donde el municipio debe poner atención e incorporarse al ciclo. Existe una serie de residuos que por su singularidad están considerados como residuos de manejo especial, enmarcados dentro de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), que los define como aquéllos que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos [6]. En este flujo de residuos están los residuos electrónicos, los cuales aparecen frecuentemente en rellenos sanitarios, donde pudiesen, con la interacción con compuestos del medio y condiciones en el ambiente (temperatura, humedad, presión, etc.), liberar algunos de los compuestos tóxicos constituyentes de los productos originales y con los consecuentes daños a la salud y ecosistemas.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó en la zona urbana de la ciudad de Mexicali, el objetivo de esta investigación fue analizar el manejo actual de RAEE en el municipio para proponer un modelo de gestión. Para ello se identificaron las etapas del ciclo de vida de un Aparato Eléctrico Electrónico (AEE) a partir de que es adquirido por un consumidor hasta la disposición final para identificar el flujo de los residuos de AEE, incorporando a los actores que están involucrados en alguna de las etapas. Los actores involucrados se identificaron a través de visitas de campo a los sitios donde se acopian, segregan y disponen los RAEE, se identificaron tanto los procesos formales como los informales en el manejo de los residuos electrónicos y en los cuales se presenta un intercambio entre actores formales e informales.

La información para establecer el modelo se obtuvo mediante observaciones, entrevistas estructuradas, las cuales se basaron en un cuestionario preparado con categorías de análisis. Las visitas y entrevistas tenían el fin de analizar la cadena de valor y la comercialización de componentes y piezas, describir los procesos que se ejecutan por el actor (tipo y origen de material procesado, cantidad de material procesado, formas de trabajo, conocer el destino final de los RAEE considerados sin valor del equipo electrónico puesto en el mercado.

2.1 Actores involucrados en el manejo de RAEE

En la Figura 1, se presenta el ciclo de vida los Equipos Eléctricos y Electrónicos (EEE), se identifica el flujo de los materiales desde la producción, etapa en la que se transforma el material virgen o reciclado hasta la disposición final [7]. Este esquema es importante para cualquier sistema de gestión de residuos electrónicos, porque permite establecer el flujo de materiales e identificación de redes y la cadena que conecta las diferentes etapas del ciclo de vida de los EEE y actores involucrados, entre ellos productores, comercializadores, reparadores, intermediarios, así como los grupos de interés asociados a la gestión. Para este trabajo sólo se reportarán los resultados de la propuesta del modelo. La gestión de los RAEE es un tema complejo que abarca muchísimos aspectos, en el que México aún tiene mucho camino por recorrer para establecer sistemas formales de gestión involucrando a todos los actores, iniciando con la organización hasta su ejecución, desde un punto de vista técnico, legal, económico y educativo lo cual incluye, normatividad específica para el manejo de RAEE, la recogida selectiva, los sistemas de clasificación y tratamiento, por lo que nos enfrentamos a un gran reto.

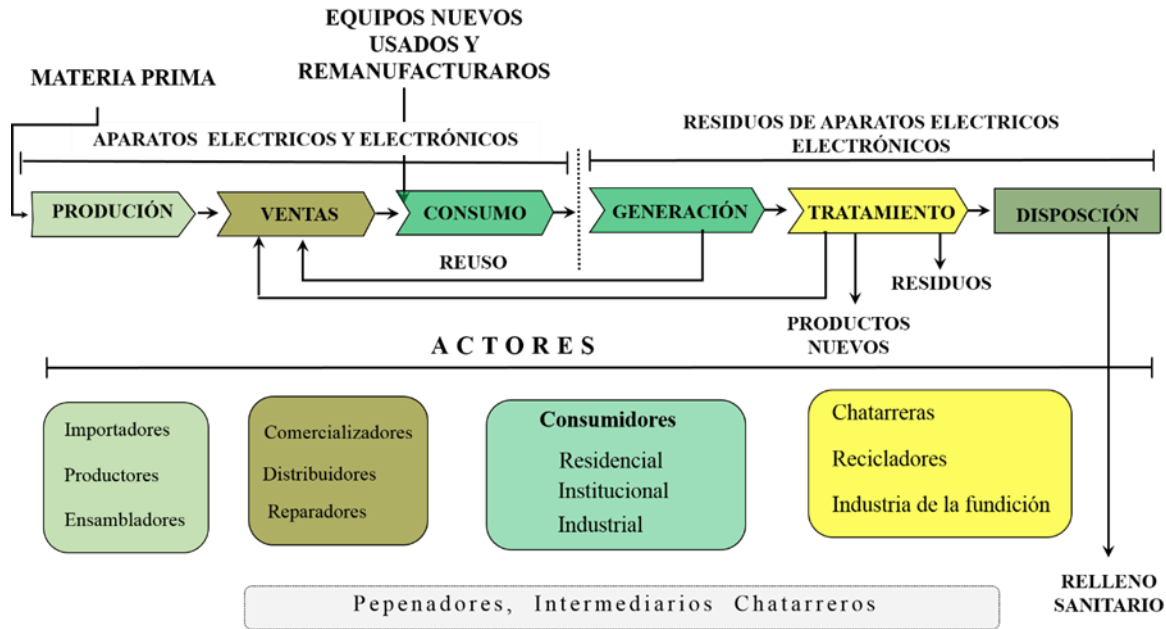


Figura 1. Actores en el ciclo de vida de los residuos electrónicos

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

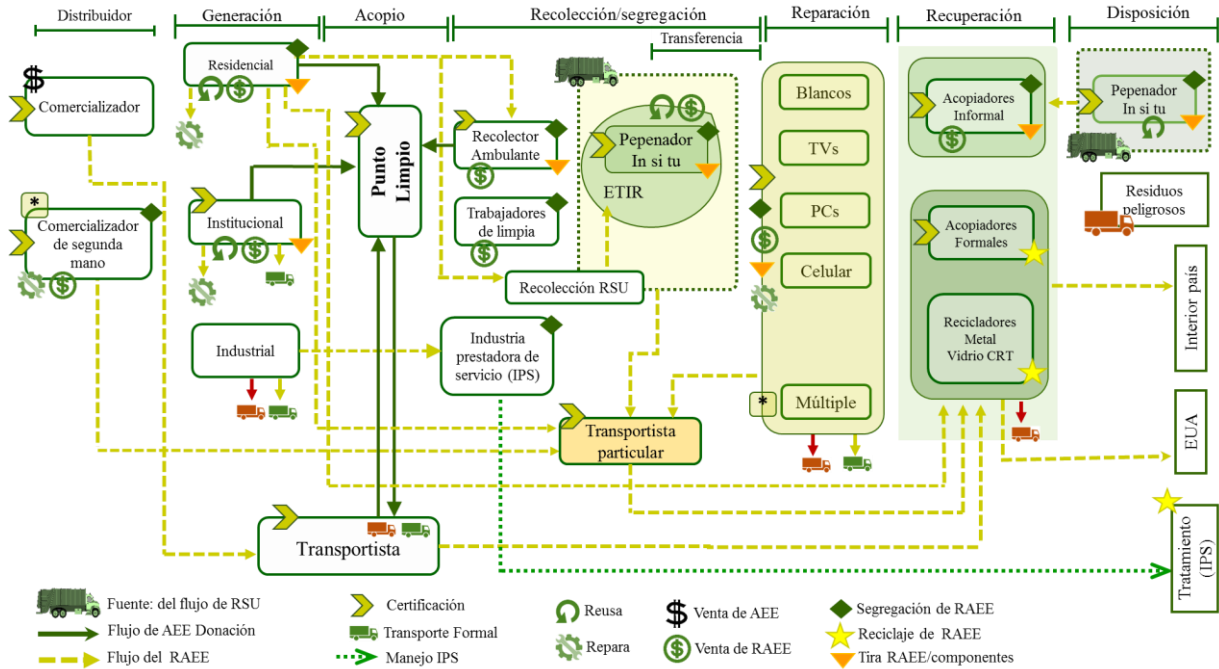
El sistema actual de manejo de RAEE en México, funciona a partir de las prácticas de recuperación y reuso que realizan algunos actores en la cadena de valor, reparan, reacondicionan y comercializan los aparatos en desuso, como una oportunidad de obtener un beneficio económico; así como de la necesidad de manejar este flujo de residuos que deben ser gestionados; en el sistema participan tanto el sector formal como el informal.

Con relación al sector formal, de acuerdo a la legislación vigente y los instrumentos de gestión de RAEE que se han implementado, los actores involucrados deben establecer planes de manejo o adherirse a un plan registrado en la dependencia de gobierno facultada para ello, en el que se establece y declara el flujo que siguen los RAEE que generan o ponen en el mercado.

Para el caso de los actores del sector informal, en el manejo de los RAEE, se realizan prácticas de recuperación y se comercializan los componentes y materiales que tiene valor, sin embargo, existe un flujo de residuos que se disponen en sitios clandestinos, así como en el flujo de los residuos urbanos.

En la figura 2 se presenta el manejo de residuos electrónicos, en la ciudad de Mexicali, se incluyen las etapas y los actores involucrados en el manejo, se establece el flujo del RAEE y las prácticas que realizan los actores.

México al igual que el resto de los países en desarrollo, se enfrenta al reto de buscar estrategias eficaces que cubran todas las etapas a lo largo del ciclo de vida de productos, sobre todo al final de su vida útil, etapa en la que aún se observan muchas ineficiencias, la falta de infraestructura para el pre-procesamiento y tratamiento, ausencia de instalaciones y tecnologías innovadoras para la gestión del final de la vida útil debido a la falta de inversión, altos costos para su gestión y la presencia de otros problemas sociales y de seguridad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Modelo de manejo de residuos electrónicos en un municipio

Bajo las condiciones actuales del país un principio que se debe incorporar a la valorización de RAEE, es la recuperación de funciones del aparato en desuso, el cual se aplica en el modelo Suizo [8], en el cual proponen tres principios, recuperar la función, el material y la energía, con ello se busca evitar que los RAEE entren al flujo de residuo urbanos, así como la disposición clandestina de RAEE, maximizando el retorno de equipos electrónicos en desuso.

En un sistema de manejo de RAEE, el plan de manejo es un instrumento que promueve una gestión de residuos coherente y racional, esto abre la oportunidad de valorizar diversos materiales, así como disponer en sitios diseñados para recibir los residuos que no son valorizables y los que son peligrosos confinarlos conforme a la normatividad.

Un manejo sustentable de residuos electrónicos depende de un sistema de financiamiento viable que incluya las etapas de recolección, transporte, tratamiento y disposición, en la Figura 3 se presenta un modelo para establecer el financiamiento, en este modelo se requiere de la participación de todos los actores, desde el consumidor hasta el productor. El fondo puede alimentarse de un impuesto al reciclaje, es importante que el fondo sea manejado con transparencia, por lo que debe existir un sistema de control. La cadena de custodia debe estar bien definida y debe haber registros de los flujos de residuos que se estén reciclando; los puntos de acopio son necesarios para que los consumidores puedan retornar sus equipos al fin de su vida, para disponerlos y sean valorizados. El sistema funciona partiendo del principio de responsabilidad compartida y bajo el paraguas de un marco regulatorio específico para el manejo de los residuos electrónicos.

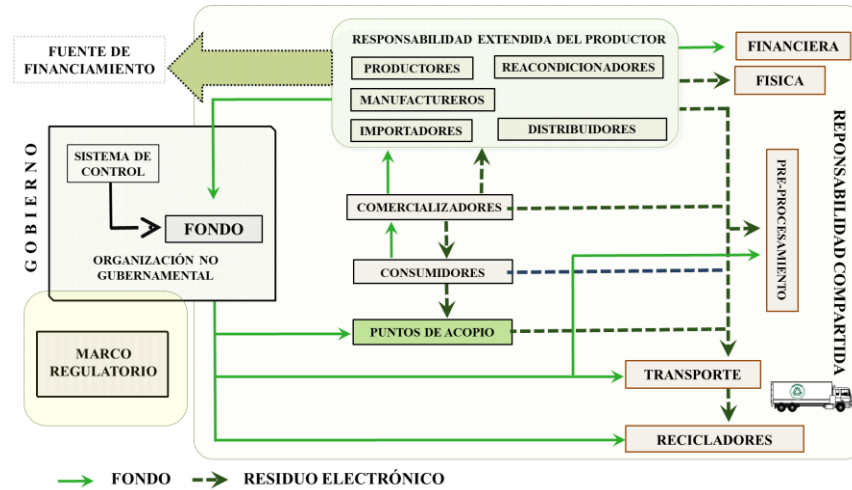


Figura 3. Sistema de financiamiento para la gestión sustentable de RAEE

En la Figura 4 se presenta un esquema en el que se establecen elementos básicos, que deben considerarse para formular un sistema de manejo de residuos electrónicos, que promueva la gestión sustentable de estos residuos. Este modelo incluye los elementos básicos para sistematizar y organizar un modelo de gestión de RAEE en México

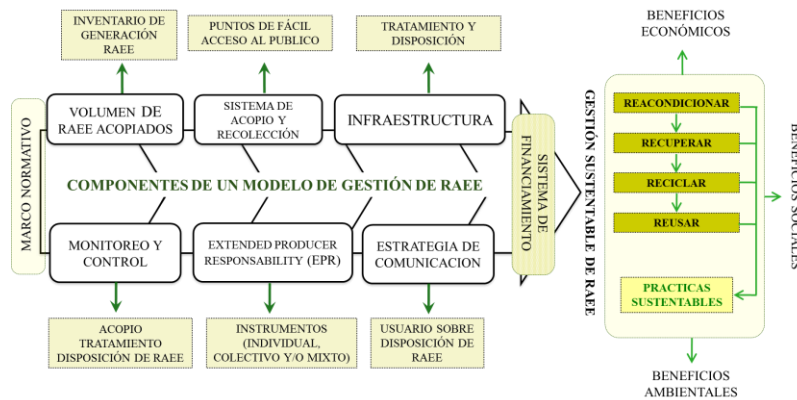


Figura 4. Componentes de un modelo de gestión sustentable de Residuos Eléctricos y Electrónicos

4. CONCLUSIONES

La gestión de los RAEE es un tema complejo que abarca muchísimos aspectos, en el que México aún tiene mucho camino por recorrer para establecer sistemas formales de gestión involucrando a todos los actores, iniciando con la organización hasta su ejecución, desde un punto de vista técnico, legal, económico y educativo lo cual incluye, normatividad específica para el manejo de RAEE, la recogida selectiva, los sistemas de clasificación y tratamiento, por lo que nos enfrentamos a un gran reto.

Se requiere promover y organizar el trabajo entre los actores claves que deben integrarse a un sistema de gestión de RAEE, entre ellos la autoridad, los productores, comercializadores, distribuidores, generadores y recicladores. Es importante trabajar con los grandes generadores de RAEE para que asuman el compromiso de ser empresas socialmente responsables y sustentables. Debe promoverse, entre la comunidad, la cultura del reciclaje de los equipos electrónicos en desuso para recuperar los

materiales que pueden ser reciclados, así como los componentes y equipos que aun funcionan.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), el financiamiento otorgado para realizar el proyecto TAA15-026.

5. REFERENCIAS

- [1] Dutta D. y Goel S. (2017) Electronic Waste (E-Waste) Generation and Management. In: Goel S. (eds) *Advances in Solid and Hazardous Waste Management*. Springer, Cham. Switzerland pp 249-266 DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-57076-1_12
- [2] Song, X., Wang, J., Yang, J. y Lu, B. (2017). An updated review and conceptual model for optimizing WEEE management in China from a life cycle perspective *Front. Environ. Sci. Eng.* 11: 3. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0985-8>
- [3] Singh, N., Li, J., y Zeng, X. (2016). Global responses for recycling waste CRTs in e-waste. *Waste Management*, 57, 187-197.
- [4] Kumar, A., Holuszko, M., y Espinosa, D. C. R. (2017). E-waste: an overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 32-42
- [5] Tan Q Y, Dong Q Y, Liu L L, Song Q B, Liang Y. y Li J. H. (2017) Potential recycling availability and capacity assessment on typical metals in waste mobile phones: a current research study in China. *Journal of Cleaner Production*. 148: 509–517.
- [6] Gavilán García A. y Alcántara Concepción V. (2014) Propuesta de gestión, manejo y disposición de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos desde la perspectiva gubernamental en González Ávila María Eugenia y Ortega Rubio Alfredo. *Residuos-e del norte de México: retos y perspectivas de su gestión sustentable*. El Colegio de la Frontera Norte. Tijuana. pp 256-293.
- [7] United Nations Environment Programme” Osaka/Shiga: Division of Technology, Industry and Economics International, (2007) editores. *E-Waste Vol II: E-waste Management Manual*.. First ed. Japón: Osaka/Shiga: Division of Technology, Industry and Economics International. 128 p
- [8] Boeni, H.W. Reciclaje Electrónico: El Modelo Suizo. En *Memorias del Tercer Taller Internacional: Del Reacondicionamiento al Reciclaje de PC, una Oportunidad para LAC*, San José, Costa Rica, 13–15 Noviembre 2006.

DESAFÍOS EN EL APROVECHAMIENTO DE PLÁSTICOS EN RESIDUOS ELECTRÓNICOS

Alethia Vázquez Morillas*, Margarita Beltrán Villavicencio, Rosa Ma. Espinosa Valdemar, Maribel Velasco Pérez, Diana Victoria Cerón Neyra.

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Azcapotzalco, Ciudad de México, C. P. 02200. Teléfono: +52 55 5318 9057.
Correo electrónico: *alethia@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

Los plásticos son componentes esenciales en los aparatos eléctricos y electrónicos debido a sus propiedades de ligereza, bajo costo, capacidad aislante, resistencia a la corrosión y versatilidad. Sin embargo, a pesar de ser materiales reciclables, difícilmente se recuperan durante el reciclaje de residuos electrónicos. En este artículo se identifican los plásticos más usados en los aparatos eléctricos y electrónicos, así como los aditivos que contienen. Posteriormente se describe su proceso de reciclaje y los principales desafíos para llevarlo a cabo, incluyendo los riesgos potenciales de su valorización informal. Finalmente se discuten otras opciones de valorización, al igual que las estrategias que permitirían un mejor aprovechamiento mediante reciclaje.

Palabras clave: *retardantes de flama, aditivos, procesos de separación, reciclaje mecánico.*

1. INTRODUCCIÓN

Los plásticos son grandes polímeros que se producen parcial o totalmente en forma sintética y presentan esencialmente una estructura orgánica, que por medio de manipulaciones físicas o químicas son llevados a un determinado estado sólido final [1]. La mayoría de los plásticos se fabrica a partir del petróleo o gas natural, aunque también es posible fabricarlos a partir de recursos naturales renovables. Aunque originalmente surgieron con el fin de reemplazar a recursos como la madera y el marfil, su desarrollo ha llevado a la obtención de materiales con propiedades diversas, que tienen aplicaciones médicas, automotrices, en telecomunicaciones, envases y embalajes, entre muchas otras.

Uno de sus usos relevantes es en aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), debido a sus propiedades de ligereza, flexibilidad, relación costo/beneficio, características aislantes, resistencia a la corrosión, factibilidad de moldeo y posibilidad de producirlos en masa [2]. Son usados principalmente en elementos estructurales, como carcazas, conexiones, y componentes funcionales, como circuitos integrados.

La proporción de plásticos en AAE es variable, pues depende principalmente del tipo de aparato; mientras que el equipo de iluminación contiene sólo el 3% de plásticos, los juguetes pueden incluir hasta un 73% [3]. Diferentes estudios han reportado proporciones promedio de plásticos en los residuos electrónicos que van del 21% al 36% [4, 5], lo que los convierte en el material que constituye el primer o segundo componente en términos máxicos en este tipo de desechos [6]. Sin embargo, de este porcentaje aproximadamente una cuarta parte puede considerarse “plástico limpio”, es decir, homogéneo y sin presencia de contaminantes [2]. La proporción de plásticos presentes en los AEE ha ido en aumento, conforme nuevas formulaciones permiten ampliar su funcionalidad.

En México las autoridades ambientales han estimado que en 2012 se generaron aproximadamente 22 mil toneladas de residuos de electrodomésticos [7], una de las categorías presentes en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Con base en las proporciones mencionadas anteriormente, estos contendrían aproximadamente siete mil toneladas de materiales plásticos.

El objetivo de este estudio es brindar un panorama general sobre los plásticos que se encuentran presentes en los RAEE, identificando aquellos presentes en mayor proporción. Posteriormente se analizan los desafíos que representa su reciclaje, así como otras opciones de gestión y manejo al final de su vida útil.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó a partir de una revisión bibliográfica, en la que se consultaron artículos científicos, reportes técnicos y documentos informativos generados por asociaciones de la industria del plástico. Los artículos se enfocaron principalmente en la caracterización de RAEE, clasificación de plásticos presentes en los mismos, posibilidades de aprovechamiento y presencia de tóxicos. También se consultaron libros sobre plásticos, su reciclaje y características generales. La información fue sistematizada, buscando responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los plásticos más empleados en los aparatos electrónicos?
- ¿Cuáles son las características de dichos plásticos?
- ¿Cómo se realiza el reciclaje de los mismos?
- ¿Cuáles son los principales desafíos para su reciclaje?
- ¿Qué otras opciones de manejo de fin de vida existen?

Los resultados se presentan en apartados, en los que se busca responder a cada una de las preguntas. Adicionalmente, se realiza una explicación breve de la clasificación de los plásticos y su efecto en su posterior reciclaje.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Clasificación de los plásticos

Los plásticos pueden clasificarse a partir de diferentes criterios. Con base en su estructura química pueden ser:

- a) Termoplásticos: presentan estructuras lineales que se unen entre sí por fuerzas de atracción intermolecular, que pueden romperse mediante el calentamiento, y formarse nuevamente en el enfriamiento permitiendo el reciclaje físico de los materiales.
- b) Termofijos: las cadenas poliméricas se unen entre sí por enlaces químicos reales, formando una estructura reticular que los vuelve duros y frágiles. Al calentarse sufren descomposición, por lo que no pueden reciclarse mediante medios físicos.
- c) Elastómeros: presentan estructuras en forma de malla tridimensional, lo que permite su estiramiento y el retorno a su estado inicial. Al igual que los termofijos, se descomponen en el calentamiento.

Los RAEE generalmente contienen plásticos conocidos como de ingeniería, por presentar propiedades tales como resistencia a la temperatura, resistencia y estabilidad que les permiten sustituir

a elementos metálicos. Estos pueden pertenecer a las tres categorías, aunque la mayor proporción en masa corresponde a los termoplásticos [2].

3.2 Principales plásticos usados en aparatos eléctricos y electrónicos

Actualmente se emplean alrededor de 12 plásticos en AEE, sin embargo, la proporción mayor está constituida por poliestireno de alto impacto (HIPS, por sus siglas en inglés), acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC) y resinas epóxicas [2]. En Francia, en una muestra de 10 toneladas de RAEE se encontró que 29% del plástico era ABS, 26% HIPS y 22% PP [8]. En términos de composición elemental, en un estudio realizado en Nigeria [9] la mayoría de los plásticos encontrados estuvieron compuestos por C, H y O, aproximadamente 5% contienen halógenos (PVC, plásticos con retardantes de flama) y 1% contiene nitrógeno (nylon y poliuretano); no se encontró en la literatura consultada análisis similares realizados en otros países, sin embargo, puede esperarse que la composición sea representativa, dado el tipo de plásticos utilizados en los AEE. La Tabla 1 describe las diferentes aplicaciones de los plásticos en los AEE.

Tabla 1. Aplicaciones de los principales plásticos usados en AEE

Plástico	Acrónimo común	Ejemplo de aplicaciones (proporción de los plásticos empleados en ese tipo de producto)
Poliestireno de alto impacto	HIPS (por sus siglas en inglés)	<ul style="list-style-type: none"> - Televisiones (75%)^a - Aparatos de sonido (24%)^a - Electrodomésticos pequeños (19%)^d - Equipo de comunicación (49.8%)^e - Equipo de audio y video (36.9%)^e
Acrilonitrilo butadieno estireno	ABS	<ul style="list-style-type: none"> - Computadoras (57%)^a - Aspiradoras (30%)^a - Electrodomésticos pequeños (36%)^d - Equipo de audio y video (40%)^e - Equipo para cuidado personal (62%)^e - Juguetes (60.3%)^e
Polipropileno	PP	<ul style="list-style-type: none"> - Ventiladores (58%)^a - Electrodomésticos pequeños (28%)^d, (67%)^e - Herramientas manuales (70.5%)^e
Policloruro de vinilo	PVC	<ul style="list-style-type: none"> - Aspiradoras (17%)^a - Recubrimiento de cables^b
Resinas epóxicas	EPOXI	<ul style="list-style-type: none"> - Tarjetas electrónicas (40%)^c - Circuitos impresos (no se indica)^e

Fuentes: ^a[2], ^b[10], ^c[11], ^d[4], ^e[8]

Además de los anteriores, se utilizan en menores proporciones acrílico, poliacetal, poliamida, polietileno, polietileno tereftalato y poliuretano, entre otros. El poliuretano generalmente se emplea en forma de espuma, como aislante en electrodomésticos grandes [10]. Es común, también, el uso de combinaciones de los diferentes plásticos. Así, se emplean con mucha frecuencia mezclas de policarbonato-ABS y de polifenileno éter-HIPS, por ejemplo [2].

Por lo general, los plásticos mencionados se combinan con diferentes aditivos, que permiten mejorar sus propiedades y que dan al plástico su gran versatilidad. En general contienen colorantes, retardantes de flama (RF), estabilizadores, plastificantes, refuerzos, y cargas. Los aditivos son, con frecuencia, los que pueden incrementar la toxicidad de los plásticos, pues pueden contener pequeñas proporciones de metales (Cr, Cd, Pb) y halógenos, principalmente bromo [4], [11]. La variedad de aditivos es inmensa, muchos tienen fórmulas patentadas y por lo general los fabricantes de plásticos no conocen su composición.

Existen diferentes tipos de RF, pero resultan de especial interés los bromados, que son muy eficientes pero en algunos casos han resultado tóxicos, al grado de que algunos de ellos fueron incluidos en los listados de sustancias controladas del Convenio de Estocolmo [12]. Cuando se usa RF bromados es común emplear antimonio para generar un efecto sinérgico [11], este elemento, aunque puede ocasionar irritación en el sistema respiratorio y gastrointestinal, es considerado menos riesgoso que otros metales pesados [13]. El antimonio modifica el mecanismo de reacción de los RF bromados, dando lugar a la formación de tribromuros de antimonio y de óxido de antimonio; ambos actúan como inhibidores de llama al reaccionar con los radicales libres formados durante la combustión [14].

Se ha estimado que la proporción de plásticos empelados en AEE que contienen RF es del 12-13%. Se emplean principalmente en equipos que sufren calentamiento, como equipos de oficina, carcazas de televisiones y computadoras, monitores, conectores y circuitos impresos [10, 11]; se ha encontrado que los RF están presentes en 65% de las computadoras y monitores, 20% de impresoras y copiadoras, 55% de las televisiones y el equipo de audio, 2% de los electrodomésticos pequeños y sólo 11% de los electrodomésticos grandes [10].

Además de los RF los plásticos contienen aditivos en forma de cargas (para abaratar costos), como el carbonato de calcio, talco o silicón, que pueden constituir entre el 4 y el 8% en masa de plásticos como el ABS y el HIPS [15]. Como colorantes se emplean generalmente óxido de titanio, negro de carbón y compuestos de cadmio [15], [16].

3.4 Reciclaje de plásticos presentes en los residuos electrónicos

Dado que la mayoría de plásticos usados en AEE son termoplásticos, es posible reciclarlos por medios físicos, calentándolos hasta fundirlos para darles una nueva forma durante el enfriamiento. El proceso es técnicamente factible, pero requiere de una masa suficiente de plástico homogéneo; en la medida que el plástico se encuentra fragmentado, disperso y contaminado disminuyen considerablemente sus posibilidades de ser reciclados.

Los procesos de reciclado mecánico o físico pueden tener diferentes configuraciones, sin embargo, lo más común es que incluyan etapas de separación manual, reducción de tamaño, eliminación de residuos no plásticos y contaminantes, clasificación y separación de los distintos plásticos y una etapa final de limpieza [8, 16]. El orden común de estas etapas se ilustra en la Figura 1.

En la medida en que los residuos plásticos se encuentren contaminados y mezclados, aumentará la complejidad y el costo de su separación. Una de las etapas críticas es la identificación de los diferentes plásticos, que normalmente se realiza en forma automática. En un estudio se encontró que sólo el 6.8% de los plásticos presentes en RAEE contaban con un código, etiqueta o grabado que permitiera identificarlos [4].

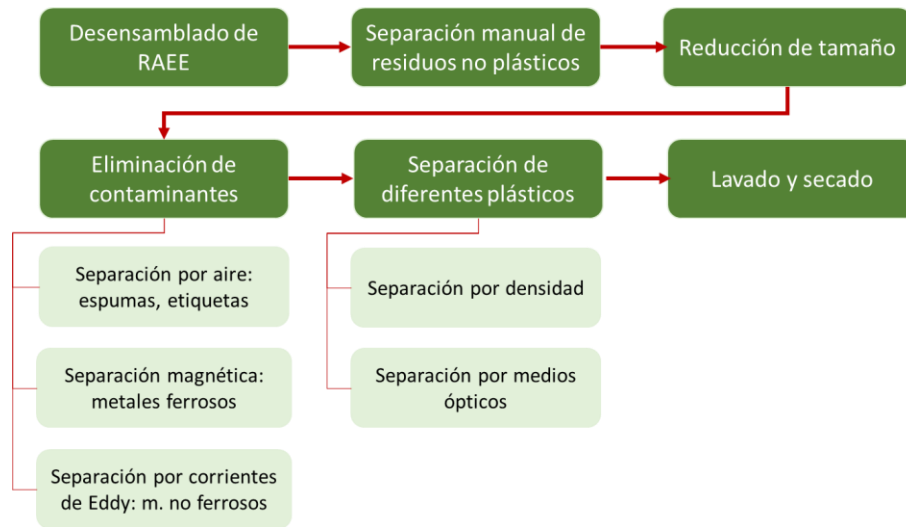


Figura 1. Etapas del reciclaje de plásticos

Las opciones para su identificación son los métodos húmedos, en los que los plásticos se sumergen en soluciones con densidad específica, provocando que aquellos más ligeros floten, y la identificación mediante espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR, por sus siglas en inglés) generalmente acoplada a un sistema neumático que permite separar los plásticos identificados. Aunque esta técnica es robusta y ha sido empleada ampliamente en las plantas de separación de residuos valorizables, su eficiencia disminuye en los plásticos de color negro, que es precisamente uno de los más usados en los AAE.

Los plásticos recuperados de residuos electrónicos pueden usarse en producción de leña plástica, muebles para exteriores, firmes de caminos, carcasas, cajas de CD, y asfalto, entre otros [18]. En general, su potencial de aplicación dependerá de sus propiedades físicas, que están fuertemente relacionadas con la pureza que haya logrado obtenerse en el proceso de acopio, acondicionamiento y reciclaje.

3.5 Desafíos para el reciclaje de plásticos en residuos electrónicos

Los mayores retos para la valorización de los plásticos presentes en los RAEE son su dispersión, mezclado y contaminación. La utilización de plásticos en los AEE implica diferentes etapas, que generalmente son desarrolladas en distintas plantas. Cada una de ellas afecta el potencial de recuperación, tal como se muestra en la Figura 2.

El acopio de cantidades suficientes de plásticos provenientes de RAEE es complejo, por la dispersión natural de los mismos. La atención de los procesos de reciclaje de RAEE se ha centrado en los componentes metálicos, y con frecuencia el destino de las partes plásticas es incierto [19].

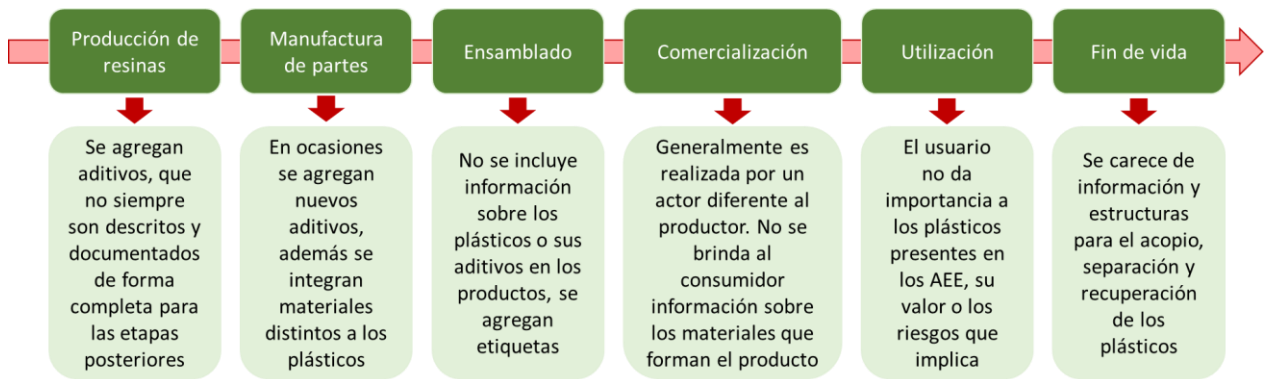


Figura 2. Afectaciones a la viabilidad de reciclaje en el ciclo de vida de los plásticos de RAEE

En general los plásticos provenientes de RAEE que llegan a las plantas de reciclaje carecen de información sobre su composición y concentraciones de aditivos [17]. Existe tecnología para identificar y separar hasta 20 tipos diferentes de plásticos, e incluso aquellos que contienen RF de los que no [18], sin embargo, en la medida que los plásticos se encuentren mezclados o contaminados el proceso se encarece. El reciclaje de plásticos provenientes de residuos plásticos puede volverse inviable económicamente por distintas causas [2]:

- Presencia de pintura o recubrimientos metálicos
- Estructura espumada
- Presencia de cargas de vidrio (fibra de vidrio)
- Contenido mayor al 25% de metales
- Utilización de composites, como en los circuitos impresos
- Existencia de etiquetas o laminados que cubran más del 20% de la superficie, y que no se remuevan fácilmente
- Presencia de más de tres tipos de plástico en una sola pieza

Para facilitar la identificación de las resinas se ha propuesto incluir códigos o nombres en los moldes de las piezas, e incluso utilizar códigos QR [20]. Se ha ensayado el reciclaje conjunto de plásticos diferentes, que es viable en algunos casos, pero requiere de la adición de compatibilizadores [15]. El proceso aún no se encuentra plenamente desarrollado, y tiene como gran reto no disminuir el valor agregado de los productos que se obtienen.

Incluso en el caso de que los residuos plásticos se acopien, puedan identificarse y procesarse, no hay garantía de que exista un mercado estable y atractivo para los mismos [2]. A diferencia del reciclaje de plásticos como el PET o el polietileno, los plásticos de ingeniería empleados en AEE generalmente son usados en productos duraderos, con requisitos más estrictos de calidad, en los que no siempre hay disposición a incorporar materiales reciclados.

El Ecodiseño es una herramienta básica para potenciar la recuperación de plásticos presentes en los RAEE, mediante la eliminación de combinaciones, etiquetas y laminados, selección de aditivos no contaminantes, uso de plásticos con densidades diferentes para facilitar su identificación, selección de combinaciones de materiales que puedan reciclarse juntas, y uso de materiales reciclados, entre otras posibilidades.

Riesgos asociados al reciclaje informal de RAEE

Se ha estimado que a nivel global sólo el 13% del reciclaje de RAEE se realiza de manera formal [21]. El reciclaje informal de RAEE busca obtener el mayor beneficio económico con el menor esfuerzo, así que se centra generalmente en la recuperación de metales. Los componentes plásticos, en este contexto, se ven como obstáculos que hay que eliminar para llegar al material de interés. La eliminación se realiza rompiendo carcazas y partes grandes, y quemando aquellas que se encuentran adheridas a los metales. La quema se realiza también para disminuir el volumen de los residuos plásticos que han sido desechados, como carcazas y partes grandes [9].

Estos procesos provocan la lixiviación y liberación de metales y aditivos, que pueden contener compuestos tóxicos bromados. De hecho, en China se ha encontrado que los trabajadores y residentes de zonas donde se realiza el reciclaje informal de RAEE son los que están expuestos a mayores concentraciones de éteres difenólicos polibromados (PBDE, por sus siglas en inglés), que son compuestos tóxicos y persistentes empleados como RF [22].

Adicionalmente, la incineración, al realizarse en forma no controlada, puede originar la formación de dioxinas a partir del Cl presente en algunos aditivos o, con mayor frecuencia, en el PVC que se usa como recubrimiento de cables. Incluso en el caso de que los residuos no se incineren, afectarán el ambiente mediante su acumulación, pues son prácticamente no degradables, y continuarán liberando aditivos que contaminen el agua, suelo y aire.

3.5 Procesos alternativos de aprovechamiento

Además del reciclaje, plásticos presentes en los RAEE pueden aprovecharse mediante los procesos descritos a continuación:

Recuperación de energía

La incineración con recuperación de energía se aplica generalmente a los residuos plásticos de RAEE que se encuentran contaminados, muy mezclados, y cuyo reciclaje no es atractivo en términos económicos, o está restringido debido a la presencia de aditivos que pudiesen representar un riesgo [10]. Se realiza generalmente mezclándolos con otros residuos industriales, e incluso con residuos domésticos [3], por incineración directa o como un combustible reformulado. El proceso tiene el potencial de permitir la recuperación de bromo y antimonio [11], así como de metales. Sin embargo, es esencial que se realice con un control adecuado, de manera que pueda garantizarse que las emisiones atmosféricas generadas no se constituyan en sí mismas como otro problema ambiental. A este respecto, deberá ponerse especial atención al control de la concentración de cloro (que puede provenir del PVC) en los residuos a incinerar, y al enfriamiento rápido de los gases de combustión, con el fin de prevenir la formación de dioxinas y furanos.

Reciclaje químico

Se han desarrollado procesos que permiten la transformación de los residuos plásticos provenientes de RAEE en compuestos químicos simples que son usados como combustible o materia prima en la industria química, a través de tratamientos térmicos como la pirólisis, gasificación o craqueo catalítico [17, 23]. Estos tratamientos térmicos presentan la ventaja de no requerir un control de emisiones tan estricto como la incineración, sin embargo, sólo se ha desarrollado a nivel piloto.

Además de las opciones mencionadas, es posible valorizar de forma integral AAE o algunos de sus componentes mediante su reutilización o su remanufactura [21]. En el segundo caso, se requiere del

compromiso por parte de los productores para el establecimiento de las cadenas de logística inversa que se requieren. En México la legislación ambiental incluye el principio de responsabilidad compartida [24], que aunque establece la necesidad de que los productores y distribuidores de residuos de manejo especial deben participar en su gestión integral, no fija obligaciones específicas al respecto. Se requiere, por tanto, una aplicación puntual y específica de la NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece claramente la necesidad de que los productores, importadores y distribuidores de AAE generen planes de manejo para los mismos una vez que se convierten en residuos [25]. La ejecución adecuada de dichos planes requerirá, sin embargo, de la colaboración de las autoridades y de la participación de los usuarios de estos aparatos.

4. CONCLUSIONES

Los componentes plásticos de los RAEE han recibido poca atención, pues generalmente se les considera menos valiosos o amenazantes que a los componentes metálicos. Sin embargo, dada la proporción que representan en estos residuos, es necesario generar estrategias que faciliten su recuperación y aprovechamiento.

Los principales retos en la promoción del reciclaje tienen que ver con la viabilidad de acopiar e identificar volúmenes de plásticos susceptibles de ser reciclados. Para ello:

- Los productores de AEE son quienes tienen mayor poder para controlar la selección e identificación de materiales de sus productos. En la medida en que existan programas de responsabilidad extendida, aumentará su motivación para facilitar el aprovechamiento sustentable de los materiales que conforman los RAEE.
- En el aspecto técnico es necesario desarrollar tecnologías que permitan identificar plásticos oscuros, remover pinturas, recubrimientos, etiquetas y aislantes, separar plásticos con densidades similares, así como identificar y remover materiales peligrosos [17], todo esto con procesos eficientes y económicos.
- En términos regulatorios, se requieren marcos que obliguen a los productores de AEE a brindar mayor información sobre los materiales presentes en sus productos, la forma en que deben manejarse al final de su vida útil y los posibles riesgos asociados a los mismos. Estas leyes deben articularse con programas de acopio accesibles y claros, en los que se promueva la separación en la fuente de los RAEE.

Aunque existen opciones técnicas de aprovechamiento, tales como la recuperación de energía y el reciclaje químico, éstos no cuentan, en México, con un nivel de desarrollo que permita considerarlas opciones viables en el corto y mediano plazo.

Dentro del complejo contexto del manejo de los RAEE, el reciclaje de los componentes plásticos es todavía una tarea pendiente, que requiere la atención de los productores, las autoridades y los usuarios.

5. REFERENCIAS

- [1] Schwarz, O. (2002). *Ciencia de los plásticos*. Editorial Costa Nobel. Montevideo, Uruguay.
- [2] American Plastics Council (2000), "Plastics from residential electronics recycling." Reporte técnico. 24 pp.

- [3] Wäger, P. A. y Hischer, R. (2015). Life cycle assessment of post-consumer plastics production from waste electrical and electronic equipment (WEEE) treatment residues in a Central European plastics recycling plant. *Sci. Total Environ.*, vol. 529, pp. 158–167.
- [4] Dimitrakakis, E., Janz, B., Bilitewski, B. y Gidakos, E. (2009). Small WEEE: Determining recyclables and hazardous substances in plastics. *J. Hazard. Mater.*, vol. 16. (20091, no. 2–3, pp. 913–919.
- [5] Ongondo, F. O., Williams, I. D. y Cherrett, T. J. (2011). How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Manag.*, vol. 31, no. 4, pp. 714–730.
- [6] Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M. y Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 25, no. 5, pp. 436–458.
- [7] INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2012). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. México.
- [8] Maris, E., Botané, P., Wavrer, P., y Froelich, D. (2015). Characterizing plastics originating from WEEE: A case study in France. *Miner. Eng.*, vol. 76, pp. 28–37.
- [9] Nnorom I. C. y Osibanjo, O. (2008). Electronic waste (e-waste): Material flows and management practices in Nigeria. *Waste Manag.*, vol. 28, no. 8, pp. 1472–1479.
- [10] Association of Plastics Manufacturers in Europe (2000). Plastics. Insight into consumption and recovery in Western Europe 2000. Reporte. 12 pp.
- [11] Boerrigtern, H. (2000). Implementation of thermal processes for feedstock recycling of bromine and antimony, with energy recovery, from plastics of electrical and electronic equipment. Phase 1. Unit ECN Biomass of the Netherlands Energy Research Foundation. Reporte. 71pp.
- [12] United Nations Environment Programme, “Listing of POPs in the Stockholm Convention,” Stockholm convention, 2008. [en línea]. Disponible en: <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>.
- [13] Sundar, S. and Chakravarty, J. (2010). Antimony toxicity. *Int J Env. Res Public Heal.*, vol. 7, no. 12, pp. 4267–4277, 2010.
- [14] Buezas Sierra, N. (2010). Guía: plásticos y fuego. AIMPLAS; Instituto tecnológico del plástico, Valencia, España, p. 63.
- [15] Vazquez Y. V. y Barbosa, S. E. (2016). Recycling of mixed plastic waste from electrical and electronic equipment. Added value by compatibilization. *Waste Manag.*, vol. 53, pp. 196–203.
- [16] Arends, D., Schlummer, M., Maurer, A., Markowski, J. y Wagenknecht U. (2015). Characterisation and materials flow management for waste electrical and electronic equipment plastics from German dismantling centres. *Waste Manag. Res.*, vol. 33, no. 9, pp. 775–784.
- [17] Innovative Environmental Solutions (SF). A design guide for information and technology equipment. Reporte. 48 pp.

- [18] American Plastics Council (SF). Ten facts to know about plastics from electronics.
- [19] Bigum, M., Brogaard L. y Christensen T. H. (2012). Metal recovery from high-grade WEEE: A life cycle assessment. *J. Hazard. Mater.*, vol. 207–208, pp. 8–14.
- [20] Wang, L., Wang, X. V., Gao, L. y Váncza, J. (2014). A cloud-based approach for WEEE remanufacturing. *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 63, no. 1, pp. 409–412.
- [21] Zlamparet, G. I., Ijomah, W., Miao, Y., Awasthi, A. K., Zeng X. y J. Li, J. (2017). Remanufacturing strategies: A solution for WEEE problem. *J. Clean. Prod.*, vol. 149, pp. 126–136.
- [22] K. Ni, Y. Lu, T. Wang, K. Kannan, J. Gosens, L. Xu, Q. Li, L. Wang, and S. Liu, “A review of human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in China,” *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 216, no. 6, pp. 607–623, Nov. 2013.
- [23] Ma, C., Yu, J., Wang, B., Song, Z., Xiang, J., Hu, S., Su, S., y Sun, L. (2016). Chemical recycling of brominated flame retarded plastics from e-waste for clean fuels production: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 61, pp. 433–450.
- [24] Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos and LGPGIR, *Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos*. México, 2003.
- [25] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Norma oficial mexicana NOM 161 SEMARNAT 2011, Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión de los.” 2011.

EL TRABAJO DE LOS RECOLECTORES DE MATERIALES RECICLABLES EN LA GESTIÓN DE RAEE EN EL MUNICIPIO DE SÃO CARLOS, SP, BRASIL

¹Santos Valente*, Carolina, ²Neves Martins, André,
¹Zanin, Maria

¹ Programa de Posgrado en Ciencia, Tecnología y Sociedad (PPGCTS), Universidad Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

² Programa de Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales (PPGCEM), Universidad Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

Correo electrónico: *vsantos.carol@gmail.com

RESUMEN

En Brasil hay motivaciones ambientales, sociales y económicas para impulsar la gestión de residuos sólidos, así como exigencias jurídicas. En 2010, fue aprobada en el país la Ley 12.305, que corresponde a la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS), y, entre otras directrices, establece el principio de la “logística inversa”, según el cual los productores de determinados artículos (como de los aparatos eléctricos y electrónicos) tienen la responsabilidad de los residuos que se producen por su consumo. Sin embargo, en 2012 las iniciativas de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) todavía eran muy escasas y se reconocían solo 23 municipios de 5564 con iniciativas municipales de recolección formales de estos residuos. De esta manera, el principal objetivo de este trabajo es comprender el papel de los recolectores de materiales reciclables en el contexto de la gestión de RAEE en Brasil, a través de la revisión bibliográfica de un estudio de caso realizado en una cooperativa en el municipio de São Carlos-SP (COOPERVIDA). La metodología para el trabajo fue la revisión bibliográfica de fuentes primarias y observación participante en la cooperativa en el año 2015. Los principales resultados indican que la cooperativa es considerada la principal iniciativa de recolección de RAEE en São Carlos, sin embargo, en 2015, todavía no cubría toda la generación de este residuo en el municipio, lo que se debe, principalmente, a la estructura precaria de las instalaciones de la cooperativa, ausencia de capacitaciones de los miembros y a la falta de información de la población.

Palabras Clave: *Gestión de RAEE, Brasil, materiales reciclables, recolectores, políticas públicas.*

1. INTRODUCCIÓN

El patrón de consumo en Brasil está asociado a la alta tasa de generación de residuos sólidos, la cual viene aumentando en los últimos años como resultado del aumento poblacional y del incentivo al consumo, consecuencia del modelo económico vigente [1]. La gestión de residuos sólidos en el país no ha acompañado de manera adecuada esa creciente demanda del consumo, por no haber recibido del poder público su merecida atención. En consecuencia, esta desatención proporciona un descuido potencial de la calidad de los recursos naturales y de la salud de la población, lo que coloca al poder público como actor fundamental en la propuesta de soluciones y alternativas para esa cuestión urbana sistémica [2].

De esta manera, se aprobó en 2010, la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS), después de 21 años de cabildeo [3]. Entre los conceptos que implementa en el contexto de gestión de residuos sólidos, se encuentra la “logística inversa”, definida como “el conjunto de acciones, procedimientos y medios destinados a viabilizar la recolección y la restitución de los residuos sólidos al sector empresarial, para reaprovechamiento (...) u otro destino final ambientalmente adecuado” [4]. Entre los residuos que poseen obligatoriedad de estructuración de sistemas de logística inversa, se

encuentran: pilas y baterías, neumáticos, aceites lubricantes, lámparas y productos eléctricos y electrónicos.

En el caso de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), se verifica el potencial de implementación de sistemas de logística inversa con la participación de recolectores de materiales reciclables, agentes ambientales que realizan trabajo fundamental en el mantenimiento de la cadena productiva del reciclaje en Brasil. Para verificar esta situación, se buscó un estudio de caso realizado en 2015 en el municipio de São Carlos, en el estado de São Paulo (SP), Brasil, donde hay una cooperativa de recolectores de materiales reciclables (COOPERVIDA – Cooperativa de Trabajo de Recolectores de Materiales Reciclables de São Carlos-SP) que recolecta RAEE en el municipio, entre otros materiales [5].

De esta manera, el objetivo del presente trabajo es identificar la situación actual de la recolección de RAEE por la COOPERVIDA, en el municipio brasileño de São Carlos, SP.

2. METODOLOGÍA

La metodología para el trabajo fue la revisión bibliográfica de fuentes primarias y la observación participante en el año de 2015 en la COOPERVIDA, para obtener datos cuantitativos acerca de la recolección de RAEE en el municipio de São Carlos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentarán en tres secciones: la problemática de los RAEE en Brasil, cooperativas de recolectores de materiales reciclables en Brasil, y el trabajo de COOPERVIDA en la recolección de RAEE en São Carlos-SP.

3.1 La problemática de los RAEE en Brasil: panorama y legislación federal

Brasil enfrenta grandes desafíos para el correcto manejo de este tipo de residuo. Las estimaciones apuntan que en 2010 se generaron alrededor de 366,000 toneladas de RAEE, de las cuales cerca de 137 mil toneladas son de televisores de tecnología CRT (abreviada en inglés para el término "Cathode Ray Tube", más conocido informalmente como "televisión de tubo"), 97 mil toneladas son residuos derivados de ordenadores personales (monitores, gabinetes, placas de circuito impreso, discos rígidos, teclados y ratones), 115 mil toneladas son refrigeradores y 17 mil toneladas representan impresoras [5].

Las estimaciones más recientes de la iniciativa StEP (Siglas en inglés para Solving the E-Waste Problem, traducido como "Resolviendo el problema de los residuos electro-electrónicos), vinculada a la ONU (Organización de las Naciones Unidas), apuntan que Brasil presenta un promedio de generación de RAEE de 7 Kg/habitante/año, totalizando una producción de cerca de 1.4 mil toneladas. Brasil se encuentra relativamente cerca de la media mundial de 8.2 Kg/habitante/año, pero se sitúa muy por debajo de países industrializados como Estados Unidos (22.1 Kg/habitante/año) y muy por encima de los países de las regiones todavía poco industrializadas/desarrolladas económicamente como Nigeria (0.2 Kg/habitante/año) [6].

En cuanto a las leyes relacionadas con la gestión de estos residuos, se destaca la PNRS (que instituye la obligatoriedad de sistemas de logística inversa para RAEE), su artículo 8 establece algunos de los instrumentos para su implementación [4]:

(...) III - la recolección selectiva, los sistemas de logística inversa y otras herramientas relacionadas a la implementación de la responsabilidad compartida por el ciclo de vida de los productos;

IV - el fomento de la creación y el desarrollo de cooperativas u otras formas de asociación de recolectores de materiales reutilizables y reciclables; (...)

Por lo tanto, la ley brasileña instituye que son mecanismos intrínsecos de su funcionamiento, la articulación de la cadena productiva de logística inversa junto a los recolectores y sus varias formas de organización colectiva.

Sin embargo, datos de 2012 sobre la logística inversa producidos por el Instituto de Investigaciones Económicas Aplicadas (IPEA) de Brasil muestran que la realidad brasileña para el manejo de RAEE es muy distante del ideal. En un universo de 5,564 municipios considerados en el estudio, sólo 372 respondieron, de los cuales sólo 23 (cerca del 6% de los 372) de ellos alegaron ejecutar la recolección de residuos electroelectrónicos (ya sea vía administración propia del poder ejecutivo, o por contratación de terceros) [7].

3.2 Cooperativas de recolectores de materiales reciclables en Brasil y su trabajo en la gestión de residuos sólidos reciclables

Las cooperativas de recolectores de materiales reciclables se consideran emprendimientos creados para formalizar el trabajo en el contexto de gestión de residuos sólidos, que engloba los servicios de recolección selectiva, selección, beneficio y comercialización. Se puede decir que el trabajo realizado por estos profesionales es el de "reconversión de la basura en mercancía", con la reinscripción de los residuos reciclables en la cadena productiva [8].

La primera cooperativa de recolectores en Brasil, la Cooperativa de los Colectores Autónomos de Papel, Aparatos y Materiales Reaprovechables (COOPAMARE), fue inicialmente creada como la Asociación de los Colectores de Papel y, en 1989, se formalizó como cooperativa en el municipio de São Paulo. Desde 2003, esta actividad es reconocida como profesión por la Clasificación Brasileña de Ocupaciones (CBO), y existe un movimiento social que representa a estos trabajadores: el Movimiento Nacional de Catadores de Materiales Reciclables; creado en 1999 y que tuvo una función fundamental en la aprobación de la PNRS [8].

3.3 COOPERVIDA y su trabajo en la recolección de RAEE

La COOPERVIDA fue creada en 2004 a partir de colectores radicados en el tiradero al cielo abierto "Fazenda Guaporé" de São Carlos y, en 2005, se firmó un convenio de apoyo del Ayuntamiento Municipal con la cooperativa, que garantizaba la disponibilidad del lugar de trabajo, camiones, maquinaria y equipos de protección para su trabajo, así como asesoría contable, financiera y jurídica [9]. En 2010, la cooperativa fue contratada por el Ayuntamiento Municipal como prestadora de servicio de recolección selectiva de materiales reciclables, y, además de la venta del material reciclable, pasó a recibir un pago por el servicio de recolección y clasificación de este material que presta al municipio [9]. En la actualidad, posee cerca de 40 miembros, y como equipo propio posee dos prensas y un camión, provenientes de la iniciativa privada. El ayuntamiento contribuye con el alquiler del lugar de trabajo y el alquiler de dos camiones con conductores.

Se estima que, en 2015, la cooperativa contratada por el poder público municipal recogía cerca del 2% de los residuos reciclables del municipio; lo que se debe a las condiciones de trabajo de la cooperativa (limitaciones en el número de trabajadores, instalaciones físicas, capacidades logísticas, falta de apoyo del poder público y bajo nivel de participación de la población), además de la competencia de otros recolectores [5].

Entre los residuos recogidos por la cooperativa, se encuentran los RAEE. La Tabla 1 muestra datos cuantitativos de la recolección de RAEE en el mes de octubre de 2015. El método utilizado para la cuantificación consistió de dos recuentos en el mes, cada quince días.

Tabla 1. Cantidad de RAEE recogidos por COOPERVIDA en el mes de octubre de 2015 [5]

Tipos de RAEE	Cantidad (Ton)	Porcentaje
Medios y Grandes Electrodomésticos	18	5.16
Confort Térmico (ventiladores)	8	2.29
Pequeños Electrodomésticos	54	15.47
Telecomunicaciones y Hardware	156	44.70
Herramientas Eléctricas	2	0.57
Equipos de Sonido	3	0.86
Pilas, Baterías e Iluminación	106	30.37
Otros	2	0.57
Total	349	100

A partir de los datos de Tabla 1, se observa que los equipos de Telecomunicaciones y Hardware (teléfonos, ratones, teclados, entre otros) representan la parte más significativa de los RAEE recogidos por la cooperativa (aproximadamente el 45%), seguidos de pilas, baterías y equipos de iluminación (lámparas), con aproximadamente el 30% de los residuos.

Los residuos, al llegar a la cooperativa, están a menudo de la misma manera que su estado de uso, es decir, montados. Para la comercialización, se cortan los hilos, y se separan los componentes de la chatarra metálica de aluminio y hierro/acero, los componentes plásticos fácilmente removibles y los componentes electrónicos. Este desmontaje de los equipos es hecho por una persona que no es funcionaria de la cooperativa y que recibe informalmente parte del beneficio de la venta de los residuos como pago por el servicio [5]. No hubo iniciativas de capacitación de los miembros de la cooperativa para el manejo de RAEE por parte del Ayuntamiento.

Se estima que en el municipio de São Carlos-SP, se produce una cantidad de RAEE equivalente a 140 toneladas por mes [5]. A pesar de que no se ha efectuado un pesaje de los RAEE recogidos por COOPERVIDA, se sabe que, en el mismo mes (octubre de 2015), la cooperativa recogió cerca de 70 toneladas de residuos reciclables, y por lo tanto se concluye que la cooperativa no tiene estructura para atender la demanda de generación de RAEE del municipio.

Sin embargo, esta es la única iniciativa en el municipio que pretende atender las exigencias legales de la PNRS de logística inversa de RAEE. Por lo tanto, se concluye también que, aunque existe el amparo legal para la gestión de RAEE en Brasil, la experiencia en el municipio de São Carlos muestra que todavía hay muchas deficiencias en este sistema.

Los miembros de COOPERVIDA alegan que una vez que tuvieran la estructura adecuada (lugar de trabajo con energía eléctrica, capacitación, mayor número de trabajadores), podrían expandir las iniciativas de recolección de RAEE en el municipio.

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados encontrados, se concluye que en Brasil hay iniciativas en el ámbito de políticas públicas (destacándose la PNRS) para incentivar la gestión de RAEE; sin embargo, hay problemas en su proceso de implementación. Los recolectores de materiales reciclables en el municipio de São Carlos, SP, Brasil se consideran importantes eslabones en esta cadena productiva, pero no tienen estructura mínima para satisfacer la demanda municipal de este tipo de residuo, y, por lo tanto, los avances en su gestión se ven disminuidos. Además, la inexistencia de información que llegue a la población respecto a la separación y destino de este tipo de residuos también recrudece las deficiencias en esta cadena.

5. REFERENCIAS

- [1] Brasil (2004). Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. Agenda 21 brasileira: ações prioritárias. 2 ed. Brasília: MMA, 158p. Disponible en: <http://goo.gl/jrU4v5>.
- [2] Brasil (2001). Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: IBAM.
- [3] Neto, T. J. P. (2011). A Política Nacional de Resíduos Sólidos: Os Reflexos nas Cooperativas de Catadores e a Logística Reversa. *Diálogo*, n. 18, pp. 77-96.
- [4] Brasil (2010). Lei Federal nº 12.305 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília. Publicado no Diário Oficial da União - DOU de 03/08/2010, p. 2.
- [5] Neves, A. (2015). Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos e sua destinação em cooperativas de catadores em São Carlos-SP. Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Materiales. Universidad Federal de São Carlos, Brasil.
- [6] Step – Solving the e-waste problem. (2017). <http://www.step-initiative.org/overview-world.html>
- [7] IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2012). Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Logística Reversa Obrigatória. http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7704/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf
- [8] IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2013). Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável. <http://goo.gl/c5gHsC>.
- [9] Martins, G. F. y Sorbille, R. N. (2011). O processo de unificação das Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis de São Carlos e de reformulação do modelo de contrato pactuado entre a cooperativa e a Prefeitura Municipal de São Carlos/SP. In: Zanin, M.; Gutierrez, R. F. (Org.). *Cooperativas de Catadores: reflexões sobre práticas*. 1 ed. São Carlos: Claraluz, pp. 169-210.

GENERACIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN LA CIUDAD DE ORIZABA, VERACRUZ

¹Anel Medina Domínguez, ¹Gloria I. González-López*, ¹Michel Canul Chan, ²Abigail Zamora Hernández y ¹Eric Pascal Houbron

¹Laboratorio de Gestión y Control Ambiental, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. Prol. Oriente 6 N° 1009, Col. Rafael Alvarado. Orizaba, Ver. CP 94340. México. Tel. 01-22-88-42-17-00 ext 33303.

²Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana.

Correo electrónico: *glorgonzalez@uv.mx

RESUMEN

En este trabajo se aborda la problemática relacionada con la generación de los residuos de manejo especial, catalogados como residuos electrónicos. El objetivo fue obtener información, a través de la aplicación de encuestas, sobre siete tipos de residuos electrónicos. Se entrevistó a 60 usuarios, mayores de 18 años, residentes de la ciudad de Orizaba, ubicada en la zona montañosa central del estado de Veracruz. Las preguntas fueron dirigidas a conocer el tipo de residuo electrónico más generado, su vida útil, el motivo del reemplazo y el destino final que eligen. Los resultados mostraron concordancia con la información del Diagnóstico nacional sobre este tipo de residuos, efectuado por las autoridades ambientales. El 42% de los generadores guarda sus residuos electrónicos; mientras que el 55% los canaliza al servicio de limpia pública, por lo que su destino final son los recicladores informales, los rellenos sanitarios o los tiraderos a cielo abierto. Su vida útil promedio es de dos años y las causas del reemplazo son descompostura o cambio por un modelo reciente con ventajas operativas.

Palabras Clave: *Generación, Residuos electrónicos, Orizaba.*

1. INTRODUCCION

En México los residuos se clasifican en: urbanos, de manejo especial y peligrosos. Los residuos de manejo especial (RME) son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos. Lo anterior se estableció en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos (LGPGIR) [1].

Dentro de los RME se incluyen los residuos electrónicos (RE), que según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), es todo aquel dispositivo alimentado por la energía eléctrica, cuya vida útil ha culminado. Por su composición física y química los RE representan un riesgo a la salud humana y al ambiente. Por tanto, es difícil tratarlos o reciclarlos [2].

De acuerdo a los estudios realizados por el Instituto Nacional de Ecología (INE), ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la generación de residuos electrónicos en México para el año 2010 llegó a 307,224 toneladas [3].

En el año 2016 el Instituto Politécnico Nacional (IPN), realizó una estimación de la generación de aparatos eléctricos y electrónicos en la zona metropolitana del valle de México [4], la cual sirvió como base para este trabajo, que se efectuó en la ciudad de Orizaba, que cuenta con 125,778 habitantes [5].

El objetivo del presente trabajo se enfocó a obtener información sobre la generación, composición y disposición final de los RE en la ciudad de Orizaba, Veracruz. Este fue el primer paso para poder establecer un programa de gestión integral.

2. METODOLOGÍA

Se dividió en cuatro actividades, que se describen con detalle a continuación:

- I. Obtener datos de Generación sobre RE. Con el fin de tener cifras oficiales, se hizo una búsqueda bibliográfica en documentos de la SEMARNAT y en los de la dependencia estatal, que en el caso de Veracruz es la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA), la responsable de la gestión de los RME, entre los que se incluyen los RE. Con estos datos es posible obtener una idea general de la situación de los RE desechados a nivel estatal, y poner en contexto los resultados obtenidos para la zona de Orizaba.
- II. Estimación de la generación de RE. Para esto se realizaron encuestas dirigidas a diversos grupos de interés, usuarios de los dispositivos electrónicos, que posteriormente se convierten en residuos. Se aplicaron 60 en total, a través de un portal de internet y personalmente. Los entrevistados debían ser mayores de edad. Las preguntas formuladas se enfocaron a siete tipos de dispositivos electrónicos; se expusieron tres posibles motivos que los convierten en residuos, así mismo, se pidió señalar el tiempo de duración del equipo y su destino final. El cuestionario se conformó de las siguientes preguntas:
 - 1.- ¿Qué edad tiene?
 - 2.- ¿A qué se dedica?
 - 3.- ¿De los siguientes equipos electrónicos, cuales ha desechado en el último año?
 - a) Televisión
 - b) Reproductor de música
 - c) Tablet
 - d) Computadora
 - e) Teléfono celular
 - f) Laptop
 - g) Impresora
 - 4.- ¿Cuál fue el motivo?
 - a) Se descompuso
 - b) Por obsoleto
 - c) Adquirí uno nuevo
 - d) Otra
 - 5.- ¿Cuánto tiempo le duro el aparato?
 - a) 3 meses
 - b) 6 meses
 - c) 1 año
 - d) 2 años o mas
 - 6.- ¿Qué hizo con el equipo?
 - a) Lo regaló
 - b) Lo guardó
 - c) Lo tiró a la basura
 - d) Otra

- III. Análisis y comparación de datos obtenidos. Tomando como base de estudio los resultados arrojados en las encuestas, se formuló una serie de documentos que permitieron visualizar, a través de gráficas, los distintos porcentajes de las respuestas. Posteriormente, se hizo un análisis comparativo con las cifras nacionales y estatales.
- IV. Propuesta para el manejo adecuado de RE. Como trabajo futuro, se propondrán estrategias que permitan manejar de manera adecuada los RE que se generan en la ciudad. Se pretende desarrollar material audiovisual que permita brindar información sobre la importancia de los RE y sus peligros potenciales. El fin será fomentar la conciencia ambiental en materia de RE en la comunidad universitaria, evitando su manejo y disposición inadecuados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte de la investigación del presente trabajo, ahora se sabe que el Ayuntamiento de Orizaba realiza anualmente un “Recolectrón”, con el fin de acopiar RE generados por la población, evitando su disposición inadecuada. Los RE acopiados se envían a la ciudad de Monterrey.

Encuestas. Las respuestas de las 60 personas que aceptaron hacer el ejercicio, se presentan por medio de gráficas. El rango de edades fue de 19 a 46 años; el 18% tienen 22 años, de ocupación estudiantes. Respecto a los siete tipos de RE estudiados, el que se desechó con mayor frecuencia es el teléfono celular: 57% de los encuestados lo señaló (Figura 1). Los menos fueron los reproductores de música y las Tablets.

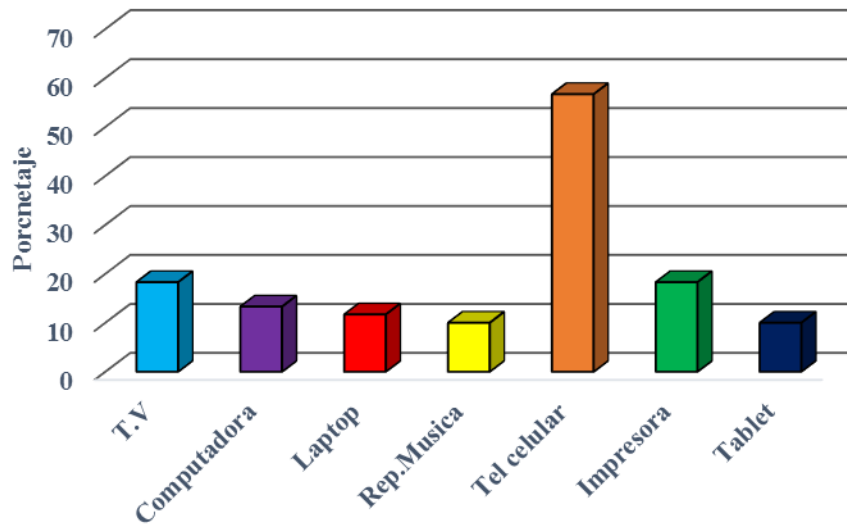


Figura 1. Tipo de RE más frecuente.

Después de los teléfonos celulares, los dos RE más generados fueron las televisiones y las impresoras, cuyo volumen y peso se deberán considerar cuidadosamente al elaborar un plan de manejo.

Los motivos del cambio o reemplazo de los equipos se muestran en la Figura 2. Es notable que en la mitad de los usuarios, la causa de la generación de RE fue por descompostura. Mientras que sólo un 20% tuvo como razón el haber adquirido un equipo nuevo.

Un detalle interesante es la tercera razón: que se volvió obsoleto. Esto es perfectamente consistente con la velocidad de las nuevas tecnologías y la aparición de dispositivos más rápidos, con nuevas funciones y de menor tamaño.

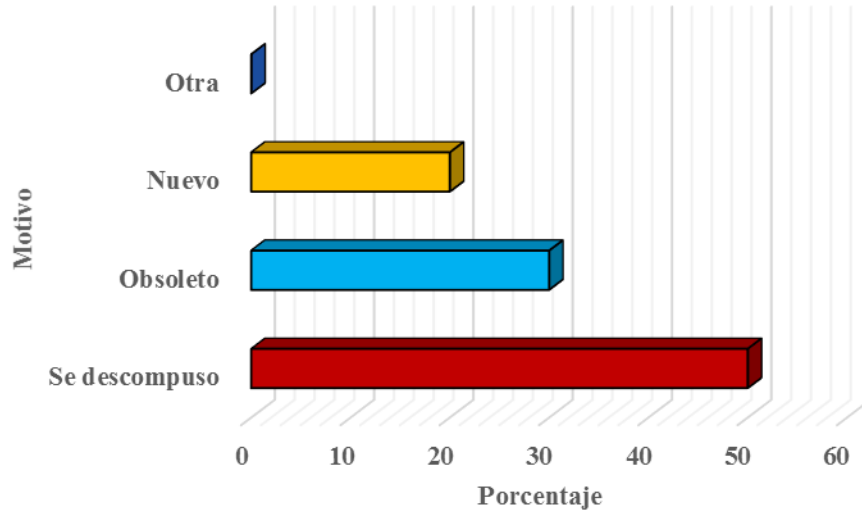


Figura 2. Frecuencia de los motivos de reemplazo de equipos electrónicos.

El siguiente aspecto abordado en la encuesta fue sobre el tiempo que duran los equipos electrónicos (Figura 3). A la mitad de los usuarios le funcionaron al menos por dos años. Sin embargo, a un nada despreciable 32% le dieron servicio solo la mitad de ese lapso. Mientras que se detectó un 18% con dispositivos cuya vida útil fue menor de seis meses.

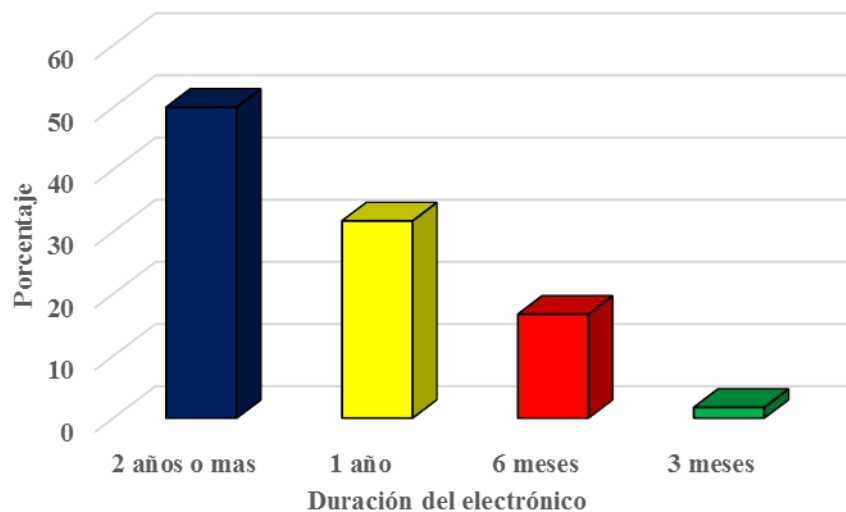


Figura 3. Duración de los aparatos electrónicos.

Finalmente, en la Figura 4 se muestra la disposición que la población de Orizaba hizo de sus RE. Más del 40% guarda los dispositivos electrónicos que dejó de usar. Es importante hacer notar que 35% de

los encuestados, los depositó en la basura, por lo que se deduce que van a parar al sitio de disposición final que presta servicio a la ciudad.

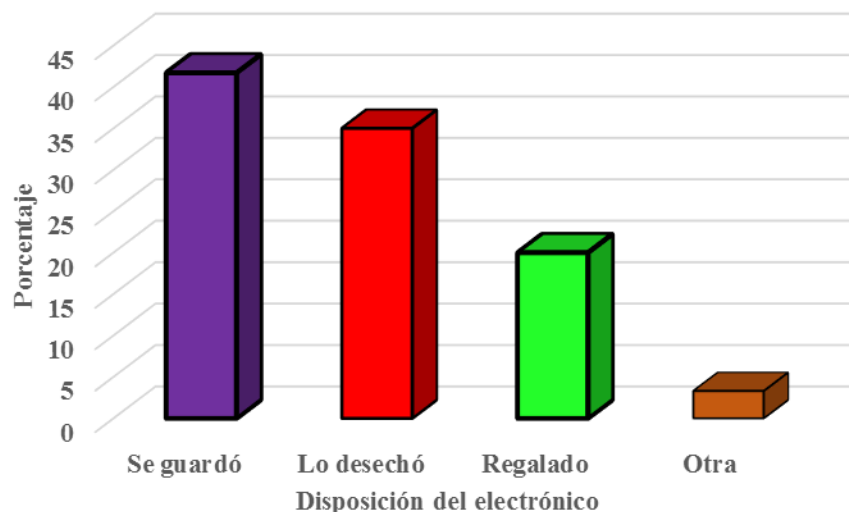


Figura 4. Métodos de disposición de los RE.

Vale la pena mencionar que el mismo porcentaje de usuarios que reemplazó sus dispositivos por uno nuevo (Figura 2), sin que se convierta en un RE, es el mismo 20% que regaló el aparato que ya no iba a utilizar (Figura 4). Esta costumbre seguramente permitió que disminuyera la generación inmediata de RE en la ciudad. No obstante, después de un lapso los equipos dejarán de funcionar y se convertirán en RE, que se entregarán al servicio de recolección pública.

De acuerdo al Diagnóstico nacional sobre la generación de residuos electrónicos en México, realizado por el INE en el 2007 [6], tan solo el 10% de los RE se reciclan de manera formal. Un 40% permanecen almacenados en casas habitación o bodegas. Esta cifra coincidió con la obtenida en las encuestas aplicadas en este trabajo.

Por otro lado, en el mismo Diagnóstico [6] se estima que un 50% llega a manos de “Recicladores Informales”, o a los sitios de disposición final. El 35% de los usuarios de Orizaba enviaron sus RE directamente al servicio de limpia pública, por lo que esta fracción llegará directo al sitio de disposición final. No obstante, considerando que un 20% regaló sus equipos porque todavía funcionaban, pero que la vida útil máxima fue de 2 años, en pocos meses esta fracción también se dispondrá en el relleno sanitario. Por lo tanto, en Orizaba el porcentaje es un poco mayor en este aspecto, ascendiendo al 55%, contra la cifra nacional, que es del 50%.

Cabe mencionar que se efectuó una petición por escrito a la SEDEMA (del Estado de Veracruz), sin obtener respuesta por parte de dichas autoridades. Por tal motivo, no se contó con datos para comparar con las cifras obtenidas en la ciudad de Orizaba.

4. CONCLUSIONES

Los generadores de RE de la ciudad de Orizaba se encuentran dentro de la tendencia nacional, de acuerdo a las cifras obtenidas en cuanto a RE almacenados y enviados a sitios de disposición final.

Con base en las cifras de RE a nivel nacional, obtenidas en el único estudio oficial efectuado en 2007, los teléfonos celulares representan el 0.2% a nivel nacional. El 62% se atribuye a las televisiones, seguidas de los reproductores de sonido con 22% y en tercer lugar las computadoras con 14%.

Son dos las principales causas de que los usuarios dejen de usar sus dispositivos electrónicos: nuevos modelos mejorados y descompostura. Esto ocurre en promedio cada dos años.

5. REFERENCIAS

- [1] Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión en la LXIII Legislatura (2003). Diario Oficial de la Federación del 8 de octubre del 2003, donde se decreta la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- [2] UNESCO (2010). Los Residuos Electrónicos: Un Desafío Para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. UNESCO y Plataforma RELAC SUR/IDRC. Montevideo.
- [3] Rojas Bracho L., Gavilán García A., Alcántara Concepción V. y Cano Robles F. (2014). Los residuos electrónicos en México y el mundo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Ciudad de México, México.
- [4] Ruiz Mondragón M.I, Hernández Islas S, Robles Martínez F. (2016). Estimación de la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en la zona metropolitana del valle de México. Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos. Sociedad Mexicana de ciencia y tecnología aplicada a residuos sólidos. A. C. Vol. 9(13), 7-13.
- [5] Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz (2016). Cuadernillos Municipales 2016, Sistema de información municipal Orizaba. Gobierno del Estado de Veracruz.
- [6] Instituto Nacional de Ecología (2007). Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México. Instituto Politécnico Nacional. México D.F.

LA OBSOLESCENCIA PROGRAMADA EN RESIDUOS ELECTRÓNICOS: IMPRESORAS, CELULARES Y COMPUTADORAS, EN LA CIUDAD DE ORIZABA, VERACRUZ

¹Luz Esmeralda Lara Martínez*, ¹Elena Rustríán Portilla, ²Abigail Zamora Hernández, ¹Luis Alberto Sánchez Bazán y ¹Gloria I. González-López

¹Laboratorio de Gestión y Control Ambiental, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. Prol. Oriente 6 N° 1009, Col. Rafael Alvarado. Orizaba, Ver. CP 94340. México. Tel. 01-22-88-42-17-00 ext 33303.

²Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana
Correo electrónico: *esmeraldalaramtz@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se investigó la incidencia de la obsolescencia programada en la generación de residuos de manejo especial, catalogados como residuos electrónicos (RE). Los aparatos electrónicos tienen un tiempo de vida que comienza a correr desde que son activados hasta que se “descomponen”. Se considera que el lapso es calculado de antemano por el fabricante durante el diseño; los equipos se tornan obsoletos, no funcionales, inútiles o inservibles por falta de repuestos. La investigación se centró en tres tipos de RE: celulares, computadoras e impresoras, generados en la ciudad de Orizaba, Veracruz. Se diseñaron tres tipos de encuestas dirigidas: a usuarios mayores de 18 años, a ciber-cafés, con servicio de impresión y a talleres de reparación de los 3 RE objetivo. Las encuestas se enfocaron para obtener información sobre tiempo de vida útil; alternativas de reparación; inversión monetaria en compra, reparación y reemplazo; cantidad recibida de cada uno de los tres equipos para reparación y conocimiento sobre la obsolescencia programada. Los resultados mostraron que mientras para el 50% de los usuarios la vida útil de sus teléfonos celulares es de dos años, las impresoras del 44% de los negocios duró sólo la mitad. Por otro lado, el 49% de los usuarios manifestaron cambiar sus aparatos electrónicos porque se vuelven obsoletos. Contrario a la decisión de los Ciber-café, donde el 56% de los encuestados recurrió a un técnico para las reparaciones. Finalmente, más del 50% de la gente involucrada con aparatos electrónicos, desconoce lo que es la obsolescencia programada.

Palabras Clave: *obsolescencia, residuos de manejo especial, vida útil.*

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la sociedad mexicana genera más de cien mil toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) diariamente [1]. Además de éstos, la legislación reconoce otros dos tipos: de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) [2].

Los RME son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como RSU, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos [2]. En esta clasificación se pueden encontrar los residuos electrónicos o también llamada basura tecnológica, que son aparatos electrónicos que han dejado de ser útiles para el consumidor o que simplemente se han sustituidos por un modelo más reciente y moderno.

La cantidad de residuos electrónicos (RE) generados en México en 2007 estuvo entre 150,000 y 180,000 toneladas, lo que representa un per cápita de 1.5 a 1.6 kg/hab año. Esta cifra solo incluyó televisiones, computadoras personales (de escritorio y portátiles), aparatos grabadores/reproductores de sonido, teléfonos fijos y teléfonos celulares [3]. Los aparatos electrónicos tienen un tiempo de vida que comienza a correr desde que son activados hasta que se “descomponen”. Se considera que el lapso es calculado de antemano por el fabricante durante el diseño; los equipos se tornan obsoletos,

no funcionales, inútiles o inservibles por falta de repuestos. A esto se le llama obsolescencia programada.

Este problema se originó de manera oficial en el año 1932, alentado por Bernard London [4], quien propuso reactivar el capital de Estados Unidos por medio del consumo, para salir de la depresión económica en la que se encontraban. La Organización para la Cooperación Económica y de Desarrollo estimaba en 2008, que incluso a un nivel moderado de crecimiento de la producción de materias primas de un 2% anual, el mundo agotaría sus existencias de cobre, plomo, níquel, plata, estaño y zinc, a más tardar en 2030 [5].

El objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio de la incidencia de la obsolescencia programada en tres residuos electrónicos: celulares, computadoras e impresoras. Lo anterior se realizó en la ciudad de Orizaba, Ver.

2. METODOLOGÍA

La recopilación de la información se hizo a través de encuestas. Se diseñaron tres diferentes, cuyas preguntas se incluyen en la Tabla 1. Las fuentes consultadas fueron Usuarios de los RE en estudio, que son los primeros que tienen contacto con los equipos. La muestra en este caso fue de usuarios ubicados en diferentes puntos de la ciudad. En segundo lugar los responsables de Ciber-cafés que contarán con servicio de impresiones, aquí el objetivo fueron las impresoras. La tercera encuesta se dirigió a los técnicos encargados de los Talleres de reparación de celulares, computadoras e impresoras.

Tabla 1. Encuestas sobre obsolescencia programada

Usuarios	Ciber-Café (con impresiones)	Talleres de reparación
1.- ¿Cada cuánto tiempo cambia sus equipos (celular, computadora e impresora)?	1.- ¿Cuál es el tiempo de utilidad de su impresora? Negro y colores	1.- ¿Qué aparato electrónico es el que más le traen a reparar? (celulares, computadoras e impresoras)
2.- ¿Por qué motivo los cambia?	2.- Cuando su equipo falla ¿Qué alternativas de reparación utiliza?	2.- ¿Por lo regular que es lo que les falla (daños físicos u operativos)?
3.- ¿Cuánto gasta al cambiar de equipo?	3.- ¿Cuánto gasta en la reparación de su equipo?	3.- ¿Qué % se puede reparar?
4.- ¿Qué hace con los aparatos?	4.- ¿Cuántas impresoras ha desechado?	4.- ¿Cuál es el costo promedio en la reparación de un equipo?
5.- ¿Sabe en qué consiste la obsolescencia programada?	5.- ¿Dónde desecha los aparatos que ya no sirven?	5.- En caso de no ser reparados, ¿Qué hace con los equipos?
	6.- ¿Sabe en qué consiste la obsolescencia programada?	6.- ¿Sabe en qué consiste la obsolescencia programada?

El fin fue hacer un diagnóstico de la zona delimitada en el estudio. Posteriormente, se procesaron los resultados, con el fin de conocer la tendencia de las respuestas. Se elaboraron gráficas comparativas,

diferenciando entre las respuestas de los Usuarios y los Ciber-café, cuando se trató de tiempo de vida útil de los aparatos electrónicos y de las impresoras. Lo mismo sucedió con los costos de reparación de equipos de Ciber-café y los que proporcionaron los Talleres. En lo que se refirió a disposición final, solo se consideraron las respuestas de los Usuarios y Ciber-café, ya que el 100% de los encargados de los Talleres de reparación, devuelven los equipos a sus clientes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección se dividió en tres apartados, correspondientes a los diferentes tipos de entrevistados.

Usuarios. La mitad desecharon sus celulares aproximadamente cada 2 años, argumentando que lo hicieron porque adquirieron un modelo más reciente; el 65% de los Usuarios respondió que invirtió entre \$2,000 y \$8,000 en el cambio. Por otro lado, para ese mismo periodo, tan solo el 30% dió de baja su computadora y el 36% su impresora. En la Figura 1 se presenta la comparación entre el tiempo que los dispositivos electrónicos prestaron servicio a los Usuarios y el de las impresoras en los Ciber-café. Como puede observarse, el mayor lapso de uso de los tres dispositivos fue de dos años y el menor se encontró entre 1 a 1.5 años (Figura 1A).

Disposición final. Cuando los equipos dejaron de ser útiles, el 42% de los usuarios los almacenó en casa, mientras que el 29% los vendió, como se muestra en la Figura 2. Tan solo el 10% admitió haberlos entregado al servicio de limpia pública.

Respecto a la pregunta central de esta investigación, el 48% manifestó saber en qué consistía la obsolescencia programada (Figura 4). Un dato interesante es que casi la otra mitad dijo lo contrario.

Ciber-café con impresoras. En el 44% de estos establecimientos se desecharon aproximadamente cada año las impresoras en negro, debido a que se descompusieron; al 19% le duraron menos de ese lapso (Figura 1B). Por su parte, las impresoras a color se debieron reemplazar en menor tiempo para el 62% de los entrevistados. Cuando esto ocurrió, la primera alternativa para el 56% de los entrevistados fue llamar a un técnico. Cuando tuvieron reparación, los dueños estuvieron dispuestos a gastar desde \$500 hasta \$3,000; esto sucedió en el 93% de los casos (Figura 3A).

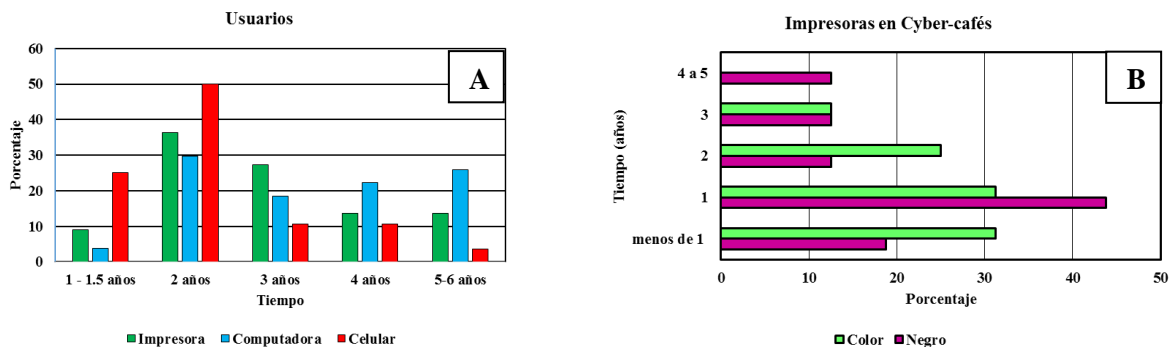


Figura 1. Vida útil de los dispositivos electrónicos para (A) Usuarios y para (B) Ciber-café

En las entrevistas con los responsables de los Ciber-café, un 13% manifestó una inusual vida útil para sus impresoras: entre 4 y 5 años (Figura 1B). Dado el uso intensivo a que se someten dichos equipos en ese tipo de negocios, en comparación con el de un usuario común, es un dato que destaca. Varios encargados mencionaron (19%), que cuando las impresoras fallaron, buscaron alternativas en internet para solucionar el problema. Específicamente en lo que se refiere al límite del número de páginas que podía imprimir, lo que se conoce como obsolescencia programada.

Algo importante es que cuando las impresoras ya no se podían reparar, solo el 6% las entregaba al servicio de limpia pública (Figura 2), mientras que el 57% las almacenaba. Las encuestas se realizaron en 16 negocios, donde el 56% desconoce que es la obsolescencia programada (Figura 4).

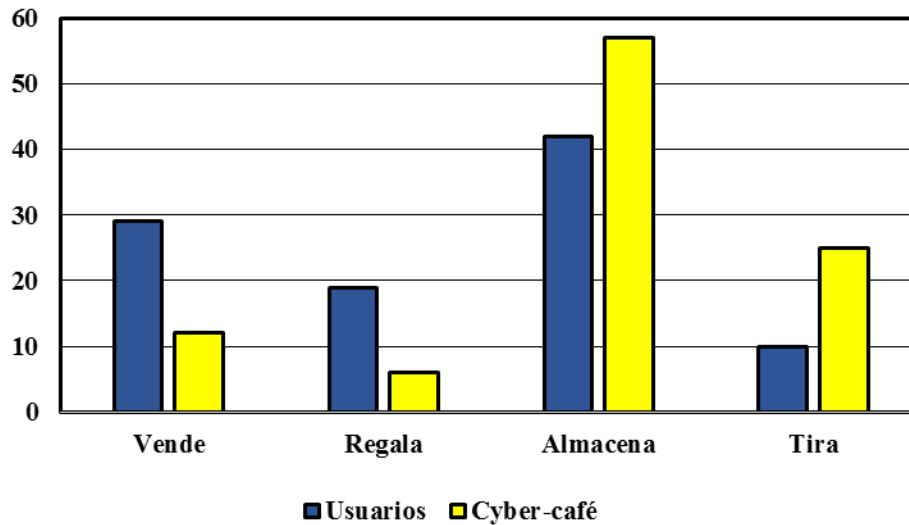


Figura 2. Disposición de los residuos electrónicos en porcentaje

Talleres de reparación. De acuerdo a las encuestas aplicadas, se puede decir que los equipos que más recibieron para reparar fueron celulares y computadoras (47%). Por lo regular las impresoras cuando comenzaron a fallar los usuarios las eliminaron y se reemplazaron por un modelo más innovador. Las fallas más comunes que presentaron estos aparatos fueron físicas, lo cual no quiere decir que solo se debió a daños ocasionados por el usuario, sino que también las piezas tuvieron un tiempo de vida útil. Al terminar ese “plazo” requirieron ser ajustadas e incluso en algunos casos sustituidas.

El total de los equipos que se pudieron reparar asciende a un 90%; aunque es la mayoría, cabe destacar que el costo más común fue de \$500 a \$1000, como se puede apreciar en la Figura 3B. En total se realizaron 15 encuestas, donde el 80% de los responsables de los Talleres manifestó no tener idea de lo que era la obsolescencia programada (Figura 4).

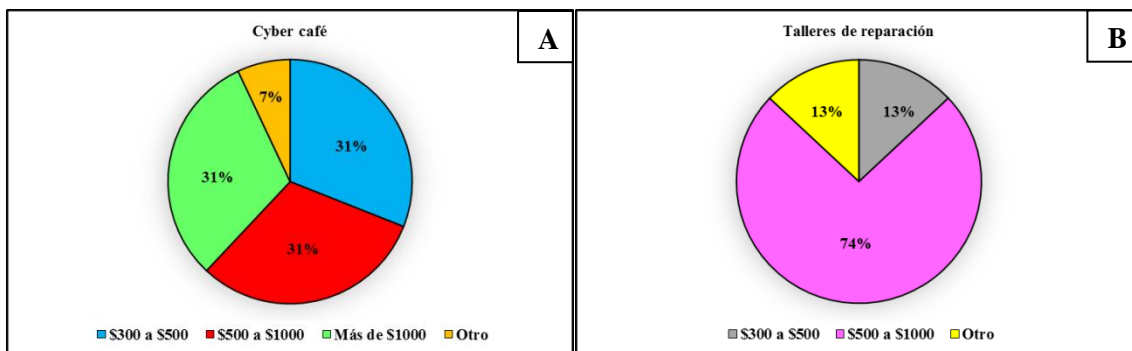


Figura 3. Costos de reparación de (A) impresoras y de (B) celulares

Nota: En ambas figuras “Otro” se refiere a un precio más elevado.

Finalmente, al comparar los resultados obtenidos para Usuarios con lo reportado en el Diagnóstico Nacional de la generación de RE, se puede decir lo siguiente,

- Se obtuvo prácticamente el mismo porcentaje de Usuarios que almacenan sus RE (42% contra 40% nacional). Lo que permitió inferir que los habitantes de la ciudad de Orizaba tienen costumbres semejantes al resto del país en dicha acción.
- Lo mismo sucedió con el 50%, que incluyó los que vendieron o regalaron sus RE; éstos primero llegarán a un reciclador informal y finalmente a los sitios de disposición final.

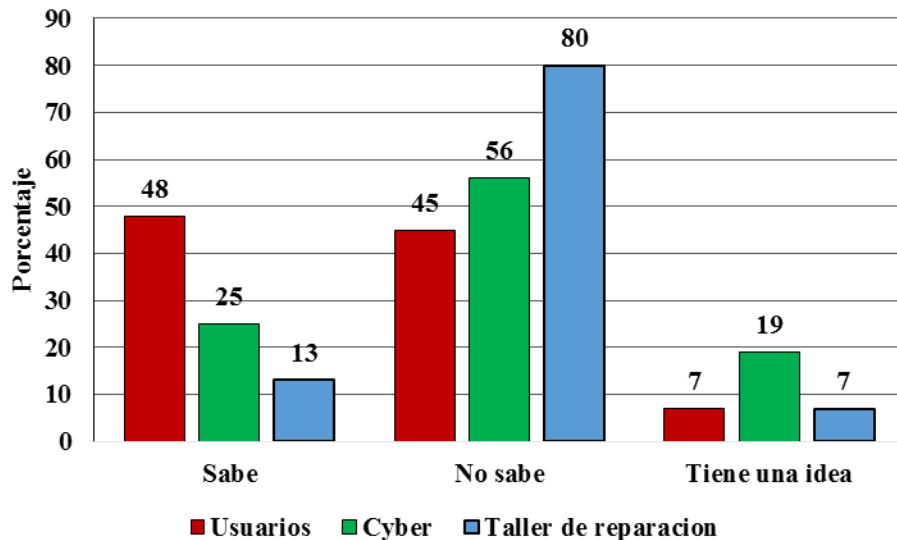


Figura 4. Conocimiento del significado de Obsolescencia programada

Por otro lado, está el tema del presente trabajo, que se puede plantear de la siguiente manera en el caso específico de los equipos de impresión. Se encontró que de los negocios que daban este servicio, el porcentaje más numeroso con impresoras en negro (44%), enfrentaba problemas con sus equipos al año de utilizarlos. Una quinta parte solo pudo trabajar sin problemas menos de este lapso. Así que sumando ambos casos, el 63% debió buscar ayuda en menos de 12 meses de haber puesto en funcionamiento su impresora.

Los responsables de los talleres de reparación entrevistados en la ciudad, aseguraron que las impresoras no formaban parte de los equipos que recibieron. Por su parte, 38% de los encargados de los Ciber-café dijeron que ellos buscaron la manera de que continuaran funcionando, ya que es un servicio base del negocio. De este porcentaje, la mitad buscó métodos en internet para habilitar las impresiones, cuando se presentó esta limitante. Lo anterior se reflejó en su conocimiento de lo que significa la Obsolescencia programada, mencionada por el 44% de los entrevistados.

4. CONCLUSIONES

El 25% de los encargados de las impresoras de los Ciber-café ha encontrado la solución para contrarrestar la obsolescencia programada, haciéndolas funcionar por un lapso mayor a 3 años.

En los talleres de reparación se logró poner a funcionar el 90% de los celulares y computadoras que se recibieron; en una quinta parte de los casos se reemplazaron piezas cuya vida útil había finalizado. De esta manera se anuló la obsolescencia programada.

5. REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2014). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegaciones, 2013 y 2015. <http://www.3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>
- [2] Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión en la LXIII Legislatura (2003). Diario Oficial de la Federación del 8 de octubre del 2003, donde se decreta la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir.htm
- [3] Instituto Nacional de Ecología (2007). Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México. Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- [4] London Bernard (1935). *Rebuilding a Prosperous Nation Through Planned Obsolescence*. Estados Unidos.
- [5] Carrascosa Hidalgo A. (2015). *La obsolescencia programada: Análisis de la posibilidad de su prohibición*. Tesis de Licenciatura. Universitat Pompeu Fabra. España.

CELULARES, DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS: ELECCIÓN Vs CONDICIONAMIENTO

María del Consuelo Mañón Salas*, María del Consuelo Hernández Berriel, Gloria Irene Carmona Chit, Isaías de la Rosa Gómez, María del Carmen Carreño de León

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca, Lázaro Cárdenas, Av. Tecnológico S/N, Colonia Llano Grande, C.P. 52148 Metepec, Edo. de México, 01 722 208 7200, extensión (3630).
Correo electrónico: *consuelomanon@gmail.com.

RESUMEN

Actualmente la humanidad se enfrenta a dos grandes problemas. El primero de ellos, es el crecimiento exponencial de los equipos electrónicos en desuso. Debido a la adquisición desmedida de éstos, inducida por hábitos de consumo de la población e influenciada por tendencias del mercado y campañas de publicidad que condicionan a la sociedad a su adquisición. En segundo lugar, se presenta el problema de agotamiento de recursos naturales esenciales para nuestra especie, a consecuencia de su explotación desmedida por parte del sector empresarial, encaminada por la búsqueda de beneficios particulares a corto plazo. A pesar de que la mayoría de los seres humanos tienen un escaso acceso a los mismos.

Es indudable los beneficios que han traído consigo las tecnologías de la información y comunicación (TIC), sin embargo se ha minimizado el grado de contaminación que éstos producen al ambiente. Ya sea como pasivos ambientales o como residuos de manejo especial cuando alcanzan el final de su vida útil, que gracias a la obsolescencia programada es cada vez más reducida. Este trabajo expone un análisis crítico del consumo y desecho de los celulares, debido a la influencia del paradigma del condicionamiento, inducido a través de hábitos incorporados en el inconsciente.

Palabras Clave: *Celular, Residuos, Condicionamiento*

1. INTRODUCCIÓN

La *información* nace con los primeros hombres que habitaron la tierra, resultado del proceso comunicativo de las comunidades primitivas. La articulación de sonidos originó la palabra y esta a su vez el lenguaje. Estableciéndose como el medio de comunicación para transmitir la información de forma oral. Con el surgimiento del poder de unos individuos sobre otros y las clases poderosas (jefes de tribus, sacerdotes y guerreros), se establece una nueva forma de comunicación, la escritura. Surge como respuesta a las necesidades de la clase dominante, por lo tanto la escritura como la información pasaron a ser una propiedad exclusiva de dicha clase, que las utilizó con la finalidad de garantizar sus prerrogativas. La escritura atravesó por diferentes etapas y modalidades hasta convertirse como hoy la conocemos. En los primeros tiempos, la información se registró en diferentes medios como la piedra, la arcilla, los papiros, madera y otros. La progresión de su uso se vinculó a la información que soportaba, se puede hablar de una *intencionalidad del soporte*. En la Antigüedad y Edad Media se manifestó un monopolio de la información oral y escrita, personalizado e institucionalizado en la entidad dominante. Lo que representó un lastre para la comunicación, haciéndola lenta, consecuencia de los límites para reproducir y difundir dicha información [1].

La invención de la imprenta y el desarrollo del comercio marcaron su despegue junto con el industrialismo. *La industria* reveló la nueva forma de la información y los procesos relacionados con ella. Aparece la *tecnología* con un factor básico, el trabajo intelectual representado en el conocimiento técnico, ahora denominado *información tecnológica*. A finales del siglo XVIII surgen revistas

científicas, como síntoma de un mayor grado de especialización de la información, dirigida a un público determinado, que junto con los libros fueron los instrumentos idóneos para la transferencia del conocimiento [2].

A mediados del siglo XIX, Antonio Meucci (1871) presentó el teléfono, lo que permitió la transmisión del sonido, así se posibilitó al ser humano a comunicarse como individuo con los demás por encima de las distancias físicas, culturales y políticas. El ritmo acelerado de la economía propició la aparición de nuevas empresas diferenciadas del modelo clásico, cada una especializada en cierto número de categorías de productos. En el siglo XX surgen las industrias de los servicios, y con ellas los *servicios de información*. El teléfono, el telégrafo, la radio y la televisión se extienden por todo el mundo a la par de la palabra impresa. Facilitando la comunicación entre los hombres, a través de una nueva forma de transmisión de información: la comunicación audiovisual [3].

En 1946 aparecen las primeras computadoras, donde las investigaciones militares proporcionaron adelantos que influyeron en el campo de la computación. Con el desarrollo de la microelectrónica, en los 70's aparecen los microcomputadores, destruyendo con ello el monopolio de la información que existía entre los informáticos de aquella época. Los cambios subsecuentes generaron la llamada *Era de la información*. Esta nació de una sociedad cuyo principal sector lo constituía la industria de la producción de bienes de consumo a otra, en la cual la *industria de la información* se convirtió en sinónimo de riqueza y poder [4].

A la revolución de las computadoras le siguió la de conectividad. Las redes computacionales aparecieron en el escenario informacional, a causa de la necesidad de comunicación entre las máquinas y los servidores, entre ellos y con el exterior. Surgen así los sistemas telemáticos, producto de la fusión de distintas tecnologías. Se perfilan como actividades predominantes los servicios, conocimientos e información en general. El *sector privado* absorbe la tecnología de la información, él posee el máximo control sobre el flujo de ésta, con anterioridad en poder del sector estatal. Esto debido a las políticas neoliberales establecidas en todo el mundo, las que abogan por la privatización de los sectores económicamente más lucrativos [5]. En este sentido se dice que la información no es solo una vía para llegar al conocimiento, sino que además conduce directamente al poder, por eso la industria la utiliza con fines de lucro, convirtiéndola en una mercancía de gran valor. Los flujos de información sobrepasan las fronteras nacionales bajo el tratado de libre comercio. La nueva forma que reviste a la sociedad es la globalización y su manifestación más evidente es la mayor red de información, denominada *Internet* [3]; a la cual actualmente se accede con mayor facilidad y rapidez con los dispositivos electrónicos, como las computadoras, Tablet-PC, PocketPC/ PDA, Tablet, Televisores, Webcam, Laptops, consolas de video juegos, iPod, iPad, iPhone, e-Books, SmartPhone, entre otros [6].

La evolución tecnológica ha modificado los hábitos de consumo del ser humano, aclarando que un hábito no es solo una conducta asidua, es una conducta que se repite en el tiempo de modo sistemático. Donde la *mercadotecnia* ha jugado un papel preponderante y muchas veces decisivo en la oferta y demanda de ciertos productos conduciendo al *consumismo*. Debido a que éste ha sobrepasado las necesidades humanas, las empresas recurrieron a la *obsolescencia programada*, perdiendo de vista los impactos que producen al ambiente y a la salud humana, con la sobreexplotación de los recursos naturales y la disposición inadecuada de residuos de aparatos electrónicos, eléctricos (RAEE) [7]. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo es exponer un análisis crítico, del consumo y desecho de los celulares, debido a la influencia del paradigma del condicionamiento.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se empleó el método de análisis y síntesis como método de investigación [8]. En la presente sección se describirán de forma individual cada uno de los elementos que integran la realidad bajo estudio, presentando en secciones para su mejor comprensión. Mientras que en los resultados se desarrollará el método de síntesis, mediante la reunión racional de los elementos, partiendo de las causas a las consecuencias. Finalmente se presentan las conclusiones del presente trabajo.

2.1 Evolución de la telefonía celular

En 1871 Meucci presenta el teléfono y a finales del siglo XIX Tesla la radio, dadas sus características de cada uno se buscó fusionarlos en un nuevo dispositivo que ofreciera la movilidad de la radio con la capacidad de comunicación del teléfono. En 1919 aparece el teléfono buque-tierra, en los 30's se desarrolla la radio de dos vías para patrullas y ambulancias. En 1945 American Telephone & Telegraph (AT&T) anuncia la factibilidad de fabricación de radiotelefonos para automovilistas en EEUU, para junio de 1946, AT&T ya ofrecía el Servicio de Telefonía Móvil (Mobile Telephone System - MTS). En diciembre de 1947, Donald H. Ring presentó la idea de la telefonía celular en AT&T. El concepto fue elaborado dividiendo el área de cobertura de una ciudad en zonas llamadas células o celdas, cada una servida por una estación de radiocomunicaciones, de modo que cuando se desplazaría un cliente celular a través de la zona de cobertura del sistema, en cada momento era atendido por la estación correspondiente a la misma, sin que perdiera la comunicación en el momento del tránsito de una celda a otra. Este servicio celular no fue implementado en las décadas de los 40's y 50's por la falta de capacidad computacional [1][3].

Un invento fundamental para el desarrollo de la telefonía móvil fue el transistor. En 1955, Ericsson comercializó el Mobile Telephone System A (MTA), un 'móvil' que pesaba 40 kilogramos y que se instalaba como los dispositivos de Bell en automóviles. Tuvo un total de 125 usuarios hasta 1967. Para 1958 se crea el circuito integrado, el cual se convertiría en lo que hoy se conoce como el chip de silicio. A finales de la década de los 60's los chips de memoria de almacenamiento se estaban fabricando y se vendían comercialmente; poco después llegaron los microprocesadores, que actuaban como pequeñas computadoras (procesador 4004 Intel-1971), haciendo factible el teléfono móvil de mano construido por AT&T [6]. En abril de 1973, Motorola saca al mercado el primer teléfono celular de mano, que empleaba 14 chips de integración a gran escala, con miles de componentes en cada uno, pesaba cerca de un kilogramo y tenía una duración de la batería para una conversación, el teléfono para ir a todas partes había sido finalmente construido. Hoy en día un chip con un tamaño más pequeño que una moneda, puede tener 125 millones de transistores y contienen toda la circuitería de un teléfono móvil. Sin embargo, un hecho importante que hay que resaltar es que se subestimó la demanda de teléfonos celulares, en la creencia de que los ciudadanos comunes no necesitarían ni desearían utilizarlos [9].

2.1.1 Las tecnologías de la telefonía celular.

En esta industria destacan las empresas que fabrican los equipos para las redes de celulares, por otro lado las que construyen los equipos celulares o bien las celdas de los celulares. Estas a su vez requieren de otros equipos como las centrales telefónicas y/o dispositivos de red para las conexiones. Las tecnologías de la telefonía celular fueron desarrolladas en las últimas décadas, debido a la subestimación de la demanda de celulares por ciudadanos promedio, pues originalmente solo se había considerado cubrir el mercado de la clase con mayores ingresos. Las primeras redes de telefonía celular no se diseñaron para cargas altas, ocasionando comúnmente caídas en las llamadas, con el fin

de evitarlas a finales de los 80's se aceleró la transición de sistemas analógicos a digitales [10]. La tabla 1, se muestran los sistemas de telefonía principalmente extendidos.

Tabla 1. Sistemas de Telefonía móvil

Tipo de sistema	Descripción
Analógico	Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS) originado en Estados Unidos.
Digital	Digital AMPS (Advances Mobile Phone System también conocido TDMA).
Digital	Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM) en ingles Global System for Mobile Communications, introducida por Europa

La tabla 2, presenta las principales características de las cuatro primeras generaciones de celulares. Se estima que la quinta generación (5G) esté disponible en 2020 en países como Corea del Sur y Europa, con un proyecto de 50 millones de euros. Busca una de velocidad de trasmisión de hasta 10GBps (1.25Gb/s). Con una nueva revisión del sistema de conexión de red sin cables [9][10].

Tabla 2. Generaciones de los celulares

Generación	Características
1G (1979-1981)	Sistema analógico, solo transmisión de voz, baja calidad de enlace de voz, velocidad (2400 bauds). Tecnología predominante (AMPS).
2G (1990)	Sistema digital, mayores velocidades de información (9.6 kbps) para voz, limitada en comunicación de datos, duración extendida de la batería, mayor definición y calidad de sonido. Presenta un chip donde guardar la información. Con servicios auxiliares como datos, fax y Short Message Service (SMS). Tecnología predominante GSM.
2.5G	Facilito la migración de redes de telecomunicación antes de entrar masivamente a la 3G. Debido a que era más rápida y económica para actualizar a 3G. EMS es el servicio de mensajería mejorado, permite la inserción de imágenes, sonidos, videos y texto.
3G (Japón, 2001)	Convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a internet, aplicaciones multimedia y altas velocidades de envió de datos (384 kbps), audio (MP3), video en movimiento, video conferencia, integra la tecnología táctil (Touch), sistema operativo (Android, iOS, Symbian, Blackberry OS y Windows Phone), tecnología Global Position Space (GPS). Implementa el sistema universal de telecomunicaciones móviles (Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)), tasa de transmisión de datos de 7.5 Mbits/s.
4G	Incluye Acceso de Alta Velocidad del Paquete Avanzado (High Speed Packet Access Plus, HSPA), velocidad de 100 Mbits/s en movimiento y hasta 1Gb/s en reposo. Se basa en el Internet Protocol (IP), implementa el protocolo (Wireless Application Protocol, WAP).

2.1.2 Composición de celulares

El celular, dispositivo que nació con el fin de satisfacer la necesidad de comunicarse a distancia, evoluciono hasta convertirse en pequeñas computadoras portátiles, cada vez menos usadas para hablar y más para cubrir otras necesidades de conexión en la red. Estos dispositivos cuentan con aplicaciones para satisfacer todo tipo de necesidades. A mayor cantidad de servicios mayor dependencia en su uso. El teléfono celular está construido a partir de una serie de materiales. Entre los que se destacan 40 por ciento de metales, 40 por ciento de plásticos y 20 por ciento de cerámica y materiales trazas (Tabla 3).

El gran problema de los componentes de los celulares es que contienen metales pesados y sustancias químicas tóxicas persistentes, que contaminan el medio ambiente y afectan a la salud, en especial a los recuperadores informales que los manipulan sin la protección adecuada, así como a plantas y animales cercanos a las áreas donde son dispuestos de manera inadecuada como residuos [11][12].

Tabla 3. Componentes del celular.

Componente del celular	Descripción
Tablero de circuitos	Fabricado con cobre, oro, níquel, berilio, tántalo, coltán y otros materiales. Se requiere petróleo crudo para el plástico, arena y piedra caliza para la fibra de vidrio. A estos materiales se les conoce como “toxinas persistentes”. El circuito integrado, se encuentra elaborado con Silicio.
Pantalla	Para la elaboración del indicador de cristal líquido (LCD), se emplea mercurio, vidrio o plásticos.
Batería	Por tipo de batería: níquel-metalhidruro (Ni-MH), litio-ion (Li-Ion), níquel-cadmio (Ni-Cd), usan níquel, cobalto, cinc, cadmio y cobre.
Componentes adicionales	antenas inalámbricas (Wireless Fidelity (Wifi)) para comunicarse a internet, dispositivos GPS, grabadores de audio, tarjetas de memoria de almacenamiento de datos, entre otros agregados para facilitar el uso de dispositivo

2.2 La Sociedad de la Información

A partir de 1990 la *Sociedad de la Información* surge como un concepto acuñado por el sociólogo Manuel Castells (2000), está se caracteriza por un cambio de paradigma en las estructuras industriales y en las relaciones sociales, estableciendo una nueva forma de organización de la economía y la sociedad; donde toman una posición significativa los productos multimedia. En el ámbito de la comunicación opera la transformación de la cultura basada en la escritura hacia la visual, sustentada en la imagen, en la que los medios electrónicos crean una realidad virtual propia, que se vuelve global y normativa de las sociedades nacionales [1]. La tabla 3, se describen las características más significativas de la *sociedad de la información* [13]- [16].

2.3 Sociedad del consumismo

Como consecuencia de la implantación del llamado “Estado de Bienestar”, importantes sectores sociales de los países industrializados aumentaron considerablemente el poder adquisitivo. Con el fin de mantener esta situación de mejoramiento salarial y de cobertura social, fue necesario acrecentar la producción y, en forma paralela el consumo para que se pudiera absorber todo lo fabricado. Es así

como surge en los años 20's en Estados Unidos la *sociedad del consumo* y con ella, la *producción de masas*.

Tabla 3. Características de la Sociedad de la información

Característica	Descripción	Nuevas posturas
Globalización de las actividades económicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una pauperización de la mayoría • Enriquecimiento de unos pocos 	<ul style="list-style-type: none"> • Descenso de la capacidad de concentración. • Un exceso de información. • Saturación de superficialidad. • Pasividad y pérdida del espíritu crítico. • Pérdida de la capacidad de razonamiento.
Sustitución de los sistemas de producción por otros de carácter electrónico y automático.	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación social • Flexibilización del trabajo pero también a una inestabilidad laboral. 	
Constante transformación en las áreas de desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad constante por esforzarse para poder aprovechar al máximo las oportunidades que brinda la nueva economía (empresas, trabajadores y administraciones públicas). 	
Globalización de los medios de comunicación de masas	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura de las barreras espaciales, temporales y de pensamiento. 	

En 1933, en Alemania Joseph Goebbels organizó el ministerio de la propaganda y señaló como objetivo “la remodelación de los espíritus” en el sentido de hacer que la gente pensara y quisiera lo que proponía a través de la propaganda. Para ello, empleo cinco sectores: radio, prensa, cine, teatro y orientación de la propaganda, que era la coordinación de los medios. Así es como nace la era de las *comunicaciones masivas*, los poderes políticos y económicos descubren su capacidad para manipular a la población. Estados Unidos y Alemania concluyen que es conveniente que los medios de comunicación queden en manos de un grupo selecto que decidirá su uso. Cincuenta años después, el control y uso de la propiedad de los medios continúa con el mismo fenómeno, pero más agudizado y polarizado [17].

Entre los elementos que ayudaron a instalar el *consumismo* destacan: *la mercadotecnia* con el auge de los medios de comunicación: radio, teléfono, televisión, telégrafo, cine, etc.; la innovación técnica permitió un aumento de la producción con menos costos; el uso masivo de nuevas fuentes de energía (electricidad y petróleo); las ventas a crédito; la ignorancia acerca de las sustancias peligrosas que contienen muchos de los productos que se consumen; la ruptura de la comunidad; la indiferencia por el futuro y la corrupción política. Otro concepto del que se empieza a hablar es la obsolescencia programada, en contraposición a las viejas prácticas que siempre habían tenido por objetivo elaborar productos fuertes y duraderos. Con la obsolescencia se hace referencia a una devaluación económica de un bien o herramienta de producción derivada del progreso científico y tecnológico que se realiza continuamente por nuevos y más sofisticados elementos en el mercado. Sin embargo al considerar un objeto como un teléfono móvil y su ciclo de vida, se confirma que la definición no corresponde a la realidad [18].

2.4 Aprendizaje y el efecto Tamagotchi

El Aprendizaje es la adquisición de nuevas conductas de un ser vivo a partir de experiencias previas, con el fin de conseguir una mejor adaptación al medio físico y social en el que se desenvuelve. El aprendizaje no siempre implica conocimiento y habilidades, las actitudes y las emociones también pueden ser aprendidas. Los tipos de aprendizaje que figuran son: el aprendizaje de *selección-conexión* (Thorndike), el *conexionismo* establece que el aprendizaje se alcanza a partir de prueba y error en el cual las respuestas correctas vienen a imponerse sobre otras, debido a gratificaciones. El aprendizaje por *condicionamiento clásico* (Pavlov) hace hincapié en cómo los estímulos contextuales provocan respuestas emocionales y el aprendizaje por *condicionamiento operante* o *instrumental* (Skinner y Thorndike) propone que el sujeto no aprende solo por estímulos basados en necesidades biológicas, sino que es necesario aplicar el uso de reforzadores positivos (recompensas) o refuerzo negativo, que consiste en la sustracción de un elemento dentro del esquema de aprendizaje, que baste para “persuadir” al individuo de dar continuidad a la conducta deseada. La idea básica es que una conducta puede aumentar o disminuir su probabilidad de ocurrencia, en función de los resultados o estímulos que sean contingentes a la misma. Del condicionamiento operante surge la ley del efecto, “cualquier acto que produzca un efecto satisfactorio es una situación dada, tenderá a ser repetido” [19][20].

En la época cuando la telefonía móvil era un lujo para unos cuantos, los celulares pesaban un poco más que una tableta, donde la PlayStation aún se trataba de una novedad; los japoneses de Bandai innovaron el uso de la tecnología de microcomponentes, creando un juego que rompió con las definiciones tradicionales de lo que hasta entonces se consideraba un “juego”. En 1996 sale al mercado el Tamagotchi, su nombre conformado por una combinación de palabras japonesas tamago (que significa huevo) y la sílaba chi (que en japonés provoca afecto), “la más simpática y entrañable mascota virtual”. Cuyo “propósito” era capacitar a los niños y responsabilizarlos cuidando una mascota electrónica. Además de generarles efectos positivos y negativos, que iban desde su primer contacto con la responsabilidad a la ansiedad por cumplirla o a la depresión por no cumplirla, manifestando un grado de apego que podía llegar a considerarse peligroso, ya que los niños se distraían en clase, por estar atentos a éste, por lo que fue prohibido en las escuelas. El Tamagotchi dio un nivel de interacción entre usuario y juego que era insólito en un dispositivo móvil hace 20 años, debido a que en lugar de desafiar a las estructuras sociales existentes, este invento jugó con ellas, contribuyendo a fomentar la idea de que no pasaba nada si las chicas jugaban con este dispositivo y tampoco representaba una amenaza a la masculinidad propia del perfil de jugador forjado durante la década de los 80’s. Otra característica que destaca fue la reticencia a proteger a los usuarios de la realidad más cruda de la vida, la muerte. La seriedad del asunto llevó a que en Psicología se formara un concepto llamado *Efecto Tamagotchi*, este se aplica a todos los casos donde los humanos demuestran arraigo emocional a máquinas, robots o incluso a software. Lo que hizo que su llegada fuera tan notable, fue la dedicación absoluta mezclada con la ilusión de tener el control, ejerciendo una potente influencia en una mente joven. En palabras de El Principito, “Uno es para siempre responsable de lo que doméstica” [21][22].

El Tamagotchi hizo uso del aprendizaje por *condicionamiento operante*, manteniendo al usuario “enganchado” al juego, abrió las puertas a los videojuegos, los cuales al ser integrados en ciertos celulares, hicieron que se incrementaran sus ventas; tal fue el caso del Nokia 6160, lanzado en 1998 que traía gratis a “Snake”, el mejor juego de celular de los 90’s [23].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en éste último siglo dejaron de ser caras, complejas y orientadas a las grandes organizaciones. En términos económicos y sociales,

pasaron de ser tecnologías utilizadas por miles a millones de personas. Las TICs se convirtieron en agentes de educación informal, acercando el aprendizaje a las personas de una manera no organizada, asistemática y con frecuencia no bien intencionada. En este sentido, Baudrillard [25] plantea la metáfora del espejo. Toma la televisión como un referente de la realidad que transmite a la masa, quien por otro lado conforma su propia realidad. Ante este panorama es evidente la desconfianza que se tiene del progreso y la abundancia. Las personas adquieren y acumulan conocimientos, habilidades, actitudes y modos de discernimiento inducido; de manera que este conocimiento impacta significativamente y no siempre en sentido positivo, su estilo de vida, tendencias tecnológicas, costumbres y formas de pensar. Es cada vez más habitual que la gente no organice su significado en torno a lo que hace, sino por lo que es o lo que cree ser.

Al respecto Villa-Sánchez [15] menciona que es fácil caer en la rutina de ser solo un receptor, por la pérdida de capacidad de razonamiento. Por otra parte Martinrey y Marín [26] destacan las diferencias en el mundo de las generaciones anteriores y la de los jóvenes de hoy. Estos últimos no se reconocen sin teléfonos móviles, computadoras e internet; su condición de vivir constantemente conectados (Online) ha transformado su percepción de ver el mundo y cómo se mueven en él; estos autores hacen un llamado a comprender no solo a aquellos elementos que transforman y facilitan la vida cotidiana, sino a desafiar las potenciales amenazas diarias que suponen estas tecnologías para nuestra privacidad, seguridad, innovación e identidad. Como ejemplo Cabrera [27] cataloga a los celulares como aparatos que se han “naturalizado” en la sociedad contemporánea, donde una generación completa está convencida de que siempre han existido.

No importan los medios sino el fin, la obsolescencia programada es un fenómeno implantado por las empresas fabricantes y revelado a los consumidores por las entidades corporativas, bajo el pensamiento de “libertad y felicidad a través del consumo ilimitado”. Algo con lo que se vive día a día y se hace de un modo tan natural, que es apenas perceptible. Hay miles de ejemplos de dispositivos electrónicos que son convertidos en residuos, consecuencia de esta obsolescencia que tiene como único fin aumentar el consumo, tal es el caso de las impresoras que tienen un chip para limitar el número de impresiones, o la iPod con su pila de litio de corta duración. A pesar de que se ha fomentado en las empresas la visión de *responsabilidad social*, el tema se ha limitado a acciones sociales y ambientales mediáticas y a inútiles esfuerzos por demostrar que sus operaciones son sustentables, sin embargo el factor económico en la mayoría de las veces es privilegiado.

El condicionamiento operante ha permitido un análisis del aprendizaje de la conducta que parece emitirse más que provocarse. Las condiciones que le siguen son resultado de consecuencias que incrementan la probabilidad de ocurrencia. En este sentido las empresas reconocieron después de saturar el mercado, que el único tipo de crecimiento posible era incrementar la diversidad de gustos y de modas, así como amplificar la rapidez con la cual estos se sucedían. Para las empresas, no era simplemente responder a la demanda cada vez más versátil de los clientes: se trataba de acentuarla, anticiparla, crear la versatilidad, la inconsistencia, el carácter efímero de las modas y de los deseos, oponerse a todo sentido de la normalidad. El condicionamiento allanó el camino de una economía a escala global, donde la interacción con los principales centros financieros internacionales se transformaron en el factor clave de las empresas, comprometidas a redoblar esfuerzos para incrementar las utilidades de sus accionistas. Bernache [25] hace hincapié en la degradación que sufre el marco colectivo por las actividades económicas: ruido, contaminación del aire y del agua, destrucción de los parajes y trastorno de las zonas residenciales; por lo que es factible afirmar que los daños culturales y ambientales son incalculables, consecuencia de los efectos técnicos y culturales de la comercialización y de la *producción en masa*.

Es tiempo que la ciudadanía deje de simular el mundo en la que los grandes corporativos y el Estado se han encargado de modelar, en donde cada ser humano es una variable manipulable que reacciona

en función de la *mercadotecnia* y del condicionamiento. La clave está en romper los hábitos que nos definen. Evitar que las imitaciones con el paso del tiempo se confundan con lo original.

4. CONCLUSIONES

La segunda guerra mundial marco un hito en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, fomento el desarrollo económico y el florecimiento de la sociedad de la información. La sociedad adquirió nuevos hábitos promovidos por el Estado y las grandes empresas publicitarias, que aseguraban la fidelidad de los clientes, empleando como puerta de acceso la *mercadotecnia* y como soporte los medios de *comunicación de masas*. Ambas estrategias siguen vigentes para estimular el consumo desmedido, a través de recompensas o estímulos (Cliente frecuente, VIP, monedero electrónico, promociones, ofertas, etc.), al punto que el consumidor es capaz de pagar para poder comprar (membresía), o hacer largas filas más de 12 horas por adquirir el nuevo modelo de un celular (iPhone X), estas conductas no son más que evidencias de las recompensas que dan continuidad a la conducta deseada en el individuo, hasta convertirse en un *hábito*.

Es necesario alcanzar un nivel de conciencia sobre la contribución de la humanidad en la explotación desmedida de los recursos naturales del planeta, al adquirir un dispositivo electrónico hay que considerar una serie de factores como utilidad, vida útil y que los recursos naturales son limitados. Antes de dejarse seducir por campañas publicitarias. La Sociedad de la Información debe dejar una sociedad del derroche y convertirse en una sociedad comprometida con su entorno, basándose en principios de justicia económica, política y social, con objetivos sustentables, si es que se desea que las siguientes generaciones tengan una vida de calidad.

5. REFERENCIAS

- [1] Linares Columbié R., Patterson Hernández M. y Viciado Tijera L. (2000) La información a través del tiempo. ACIMED 8(3).
- [2] Rodriguez Hermes de Araujo VM. (1991) Informacao:instromento de dominacao e de submissao. Artigos. 20(1).
- [3] Rispa Márquez R. (1990). La revolución de la información. Barcelona: Salvat.
- [4] Toffler A. (1990). El camino del poder. Barcelona: Plaza & Janes Editores:
- [5] Rey, M. T. 2016. (24/Ago/2017). Después de la globalización neoliberal ¿Qué Estado en América Latina?. Cuadernos del Pensamiento Crítico Latinoamericano, (32). https://www.researchgate.net/publication/266865368_Después_de_la_globalizacion_neoliberal_que_Estado_en_America_latina
- [6] Concari Sonia B. (2014) Tecnologías emergentes ¿cuáles usamos? Latin-American Journal of Physics Education. 8(3), p. 494.
- [7] LGPGIR (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Nueva Ley Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 8 de Octubre de 2003, Texto Vigente Última Reforma Publicada Dof 04/06/2014.

- [8] Lasés, Franyutti M. A. (2009). Metodología de la Investigación. Un nuevo enfoque. 2ª edición CIDL: México.
- [9] Hernández, C., & González, D. (2013). Estudio de la Evolución Tecnológica en Empresas de Celulares a Partir de la Actividad de Patentamiento. *Journal of Technology Management & Innovation*. 8. p. 69.
- [10] Rodríguez Gámez, O., Hernández Perdomo, R., Torno Hidalgo, L., García Escalona, L., & Rodríguez Romero, R. (2005). Telefonía móvil celular: origen, evolución, perspectivas. *Ciencias Holguín*, 11(1).
- [11] Nnorom, I.C., Ohakwe J. & Osibanjo O. (2009). Survey of willingness of residents to participate in electronic waste recycling in Nigeria –A case study of mobile phone recycling. *Journal of Cleaner Production*. 17.
- [12] Hong, F.Y, Chiu S.I, Huang D.H (2012) A model of the relationship between psychological characteristics, mobile phone addiction and use of mobile phones by Taiwanese university female students. *Computer in Human Behavior*. 28. pp. 2152-2159.
- [13] Castells, M. (1999). Globalización, identidad y estado en América Latina. Santiago de Chile: PNUD. pp. 1-18.
- [14] Pérez-Rubio, C. V. (2006). Globalización, comunicación e integración latinoamericana. (5), Plaza y Valdes.
- [15] Villa Sánchez, A. (2006). El proceso de convergencia europeo y el papel del profesorado. *Foro de educación*. 4(7-8).
- [16] Alfonso, R. D. 2009. (12/Ago/2017) La sociedad del conocimiento y los nuevos retos educativos. *Etic@ net*. VII (8). <http://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/numero8/Articulos/Formato/articulo9.pdf>
- [17] Baudrillard, J. (1974). *La sociedad de consumo. Sus mitos, sus estructuras*. Barcelona: Plaza & Janés, S.A. Editores
- [18] Lisart Tíscar, V., Serrano Lledó R., Vasserot Palomo C. Velasco Pérez J., Denise V. 2017. (20/Ago/2017) *Obsolescencia Programada*. Escuela Superior de Malaga. EPS. <http://www.raquelserrano.com/wp-content/files/metodo-Obsolescencia-programada.pdf>
- [19] Larroy, C. (2008). Técnicas operantes I: desarrollo de conductas. En F.J. Labrador (Coor.), *Técnicas de modificación de conducta*. Madrid: Pirámide. pp. 387-311.
- [20] Avia, M.D. (1984). Técnicas cognitivas y de autocontrol. En J. Mayor y F.J. Labrador (Eds.), *Manual de modificación de conducta* Madrid: Alhambra, pp. 329-360.
- [21] Ronderos N. (2012) Tamagotchi, la mascota virtual: la globalización y la sociedad de la simulación a través de una tecnología del ocio. E-book *Antropologías transeúntes*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Bogotá pp. 41.
- [22] Batchelor, W. M. 2017 (23/Ago/2017). Por qué éramos adictos al Tamagotchi (consultado) <https://www.vice.com/es/article/3kkv59/transnitria-anton-polyakov-fotografias-rusia-moldavia>

[23] Nokia 2017 (23/Ago/2017) Manual del usuario. Nokia 6160i
<http://images.comparecellular.com/phones/25/Nokia-6160i-User-Guide-Eng.pdf>

[24] Baudrillard, J. (1993). *Cultura y simulacro*. Glosas Didácticas. No 12.

[25] Bernache Pérez, G. (2006). *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

[26] Mancilla, M. (2011) Reseña de "La revolución digital y la sociedad de la información" de Guiomar Salvat Martinrey y Vicente Serrano Marín. *Revista Austral de Ciencias Sociales*. Universidad Austral de Chile, núm. 20, pp. 121-128

[27] Cabrera, D. H. (2006). *Movimiento y conexión*. *Política y Sociedad*. 2(46), pp. 91-105.