

Gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el municipio de Armenia, Quindío

Management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in the municipality of Armenia, Quindío

Gestão dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (RAEE) no município de Armenia, Quindío

José Fabián Ríos-Obando

Magíster Medio Ambiente, Universidad de Manizales, Colombia. Profesor tiempo completo. Universidad Santiago de Cali, Colombia
jose.rios00@usc.edu.co

F. Recepción: Octubre 20 de 2016

F. Aprobación: Noviembre 30 de 2016

Resumen

Esta propuesta constituye un esfuerzo por reconocer la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el municipio de Armenia. La era digital ha aportado desarrollo para la industria y la sociedad, sin embargo ese auge, manifestado en un crecimiento exponencial de las Tics (desarrollo de nuevas versiones y prototipos), conlleva a que se acorte el ciclo de vida de los productos, lo que incrementa la presión sobre el sistema de gestión final de residuos. La investigación se encuentra en la Fase I, en la cual se adelantó una encuesta a cuatrocientas personas para caracterizar a los consumidores, en cuanto al posconsumo. Los resultados parciales dan a reconocer la necesidad de adelantar procesos de socialización y divulgación en los agentes de interés, de tal suerte que se incremente la tasa de aparatos eléctricos y electrónicos dispuestos a través de los actores autorizados y a su vez responsables, conforme la normatividad vigente aplicable. Lo anterior lograría disminuir la presión sobre los rellenos sanitarios, evitando impactos en el ecosistema y la salud de los habitantes de Armenia, mientras que se impactarían positivamente las tasas de aprovechamiento y valorización, a partir su disposición por medio de empresas especializadas y por supuesto de los fabricantes.

Palabras clave:

Aprovechamiento, descartar, postconsumo, residuo, valorización.

* **Cómo citar:** Ríos-Obando, J. F. (2017). Gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el municipio de Armenia, Quindío. Revista Libre Empresa, 14(1), 167-187 <http://dx.doi.org/10.18041/libemp.2017.v14n1.27108>

Abstract

This proposal is intended as an effort to acknowledge the integrated management of electrical and electronic device waste (WEEE) in the city of Armenia. The digital era has contributed to the development of the industry and society, but this boom, which is reflected on an exponential growth of ICTs (development of new versions and prototypes), has resulted in a reduction of the useful life of products, thus increasing the pressure on the final waste management system. At present, research is in phase I, which entailed conducting a survey regarding post-use among 400 people in order to characterize users. The partial findings demonstrate the need to carry out communication and dissemination initiatives among the stakeholders aiming at increasing the rate of electrical and electronic devices made available through authorized dealers who are also liable in conformance with current applicable regulations. This would lead to reducing the pressure on sanitary landfills and preventing a negative impact on the ecosystem and health of the population in Armenia. At the same time, it would also have a positive impact on the rates of utilization and valuation based on waste disposal by both specialized companies and manufacturers.

Key words

Utilization, Disposal, Post-use, Waste, Valuation.

Resumo

Esta proposta é um esforço para reconhecer a gestão integral dos resíduos de aparelhos elétricos e eletrônicos (RAEE) no município de Armenia. A era digital trouxe desenvolvimento para a indústria e a sociedade, contudo esse auge, manifestado por um crescimento exponencial das Tics (desenvolvimento de novas versões e protótipos), implica que o ciclo de vida dos produtos seja encurtado; o que aumenta a pressão sobre o sistema de gestão final de resíduos. A pesquisa se encontra na Fase I, na qual se efetuou uma enquete a quatrocentas pessoas a fim de caracterizar os consumidores quanto ao pós-consumo. Os resultados parciais dão a conhecer a necessidade de adiantar processos de socialização e divulgação nos agentes de interesse, de modo que seja aumentada a taxa de aparelhos elétricos e eletrônicos dispostos através dos atores autorizados e por sua vez responsáveis, conforme a normas vigentes aplicáveis. O anterior conseguiria diminuir a pressão sobre os aterros sanitários, evitando impactos sobre o ecossistema e a saúde dos habitantes de Armenia, enquanto que teria um impacto positivo nas taxas de aproveitamento e valorização, a partir de sua disposição através de empresas especializadas e, é claro, dos fabricantes.

Palavras chave

Aproveitamento, Descartar, Pós-consumo, Resíduo, Valorização.

1. Introducción

Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) como producto del advenimiento de la era de la información han contribuido enormemente al desarrollo de la sociedad, por apalancar y dinamizar en su conjunto a la economía, hoy en día son considerados uno de los mayores focos de contaminación global.

Si damos un vistazo rápido a la historia de los sectores en la economía mundial, es inminente que el sector informático y de las telecomunicaciones se encuentra entre los de mayor crecimiento, presentando un vertiginoso ascenso en los niveles de producción y consumo durante el último siglo.

La dinámica con la cual se desarrollan nuevos productos y los procesos de innovación, tanto incremental como radical han conducido a un rápido descarte de AEE que entran en desuso cada vez en menor tiempo. De acuerdo con investigaciones efectuadas por el Instituto Federal Suizo de Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías, EMPA (2009), el tiempo promedio de vida de un computador es de tres a cuatro años; por su parte, los celulares tienen un ciclo vida aproximado de un año a un año y medio; con una tendencia a que el ciclo de vida se acorte.

A consecuencia de dicha proliferación se evidencia cómo el número de equipos descartados o desechados se ha venido incrementado, trayendo de la mano un ostensible aumento en la cantidad de residuos dispuestos, los cuales merecen un tratamiento especial, en aras de evitar impactos irreversibles para la sociedad.

Es por esto que “los RAEE constituyen una corriente prioritaria de desechos, tal como quedó expresado en el Plan Estratégico del Convenio de Basilea (2002 – 2010), adoptado en la sexta reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio de Basilea y en la “Declaración Ministerial sobre la Constitución de Alianzas para hacer frente al Problema de los Desechos a Nivel Mundial”, adoptada en la séptima reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio de Basilea” (Ministerio de Comunicaciones, 2008, p. 11).

La ausencia de un sistema eficiente de gestión que convoque a los diversos actores del ecosistema digital, se refleja en la elevada participación del sector informal como jugador principal en los procesos de aprovechamiento de los diferentes AEE, toda vez que “el 54% (o 4.374 t) de los residuos de PC generados en el 2009 son desensamblados informalmente” (León, 2010, p. 49).

El desarrollo de la industria del Reciclado en la Región está sólo en los estadios iniciales y es insuficiente. La alternativa al tratamiento de equipos obsoletos es su desmontaje, que implica la separación de componentes, tratando los elementos tóxicos y vendiendo algunos materiales recuperados localmente y exportando los materiales valorizables en los mercados internacionales a empresas recicladoras (SUR Corporation of Social Studies and Education, 2007, p.4).

De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones *et al.* (2015), para el año 2014, se generaron en Colombia 252,2 kilo-toneladas de RAAE, con una producción per cápita de 5,3 kilos; siendo el cuarto consumo más alto en Latinoamérica, por detrás de Brasil, México y Argentina. Dichas fracciones son usualmente llevadas a los rellenos sanitarios, sin considerar que los RAEE, contienen materiales que por sus características corrosivas, tóxicas, reactivas, inflamables y explosivas, entre otras, son considerados

como residuos peligrosos (RESPEL), los cuales pueden provocar impactos irreversibles en el ecosistema y la salud de las personas.

Según el Ministerio de Ambiente -en adelante Minambiente- (2016), en 2014 se generaron en el mundo, 41,8 millones de toneladas RAEE, de las cuales tan solo el 16% (6,5 millones de toneladas) fueron gestionadas mediante un sistema formal de recolección y tratamiento.

Los hechos en mención reflejan una tendencia nacional, toda vez que, de acuerdo con Minambiente (2016), en la actualidad la tasa de aprovechamiento y valorización en Colombia es del 17%, esperando que para 2018 se logre alcanzar una tasa del 20%.

Para la Contraloría Municipal de Armenia (2014), en el periodo 2014, la tasa de reciclaje y reutilización fue del 20.1%, creciendo significativamente en comparación con la vigencia 2013, en donde se reporta una tasa del 1.1%. En todo caso, se hace necesario fortalecer las iniciativas adelantadas para lograr incrementar las tasas de aprovechamiento y coadyuvar a la conservación del ecosistema.

Es importante destacar que se han dado avances significativos en el reconocimiento de los RAEE como un problema de orden nacional, y en ese sentido, el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, en la estrategia tres: “Mejorar la calidad ambiental a partir del fortalecimiento del desempeño ambiental de los sectores productivos, buscando mejorar su competitividad”; propone la adopción de acciones encaminadas hacia un consumo sostenible, que reconozca la capacidad de resiliencia del ecosistema, al igual que garantizar la reducción en la fuente, a partir del incremento de las tasas de aprovechamiento y valorización. De esta manera, dentro de las apuestas del instrumento de planeación se anuncia que “se reglamentará e implementará la Ley de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)” (Congreso de la República, 2015).

Para su reglamentación, es necesario realizar un diagnóstico nacional y por departamentos que suministre información actualizada, en aras de proponer estrategias eficaces y oportunas; por cuanto la información nacional más reciente data del 2014; siendo urgente adelantar estudios rigurosos que permitan mapear un escenario real; para que a partir del involucramiento y empoderamiento de diversos agentes de interés, se gesten un sistema estructural que pueda a largo plazo servir de modelo en otras regiones.

Por su parte el plan de desarrollo 2016-2019 “Sigamos adelante” de la ciudad de Armenia, consideró el subprograma TIC y Medio Ambiente, el cual propende por desarrollar actividades de sensibilización y promoción para el buen manejo de RAEE, con un presupuesto proyectado de 83.672.540 para el periodo legislativo.

De esta manera, la administración municipal pretende adelantar acciones que coadyuven al buen manejo de las fracciones residuales; siendo una oportunidad para articular investigaciones desde la academia, en aras de generar masa crítica para la consolidación de un nuevo orden frente a la gestión de los RAEE.

Los RAEE, además de su potencial peligro, contienen fracciones de materiales ferrosos, no ferrosos y preciosos, como el oro y el platino que por tener un alto valor en el mercado, dan, lugar a procesos de separación y aprovechamiento (minería urbana), que permiten recuperar dichos materiales, reincorporándolos como materias primas de segundo orden a los procesos de producción.

Lo anterior genera múltiples beneficios económicos, sociales y ambientales, toda vez que además de la generación de empleo, de mano de obra no calificada; pone en funcionamiento un sistema de producción circular que disminuye la presión de extracción de dichos materiales en el ecosistema -como su fuente primaria-, a su vez que sobre los rellenos sanitarios, dando lugar a un círculo virtuoso de beneficio común.

En aras de alcanzar dichos beneficios, Colombia ha avanzado en la promulgación de referentes normativos que coadyuven a implementar más controles en las extensiones de residuos tecnológicos, en las que se evidencian las actuaciones por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante las Resoluciones N° 1511 de 2010 para el “Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas”; 1512 de 2010 “Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras disposiciones” y 1297 del 2010 “Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores”.

En el año 2013, Colombia dio un salto de vital importancia hacia la gestión integral de los RAEE, toda vez que expidió la primera Ley en Colombia relacionada directamente con el tema, es así como la Ley 1672 de 2013 estableció unas directrices para adoptar una política pública de gestión integral de los RAEE.

Dicho esfuerzo de carácter legal, pone de manifiesto una serie de obligaciones al gobierno nacional, a los productores, comercializadores, gestores y usuarios-consumidores. Sin embargo, dicha Ley aún no concluye su proceso de reglamentación, el cual establezca entre otros elementos, compromisos específicos de recuperación y aprovechamiento, plazos graduales de cumplimiento y sanciones legales a quienes incumplan.

Aun cuando se ha avanzado ostensiblemente en las últimas décadas, Colombia no cuenta con una adecuada infraestructura para el aprovechamiento de los RAEE, lo cual impone diversos retos que deben ser solventados a partir de procesos spin off, posibilitando el desarrollo de una agenda pública que atienda las particularidades de las fracciones residuales de los aparatos eléctricos y electrónicos, como un problema con una tendencia exponencial de crecimiento en la era digital.

Por lo anterior, se presentan los resultados preliminares de una investigación cuyo fin es caracterizar el posconsumo de AEE, en aras de aportar información a los actores públicos y privados, que en el marco de la Ley 1672 de 2013 son responsables de estructurar sistemas de gestión de RAEE, como una apuesta por alcanzar escenarios de manejo

eficiente de fracciones residuales, que disminuyan la presión sobre los recursos naturales y las tasas de disposición final en rellenos sanitarios.

2. Fundamento teórico y estado del arte

Las ciencias económicas, en su devenir histórico, han venido evolucionando, manifestándose con el correr de los siglos nuevos postulados y tendencias sobre el papel del Estado, la economía y su papel en la generación de condiciones de desarrollo.

En el siglo XVIII y parte del siglo XIX, las teorías clásicas centraban su interés en lograr acrecentar la productividad, toda vez que se consideraba que la satisfacción de necesidades en la sociedad se alcanzaba mediante la libre empresa, la libre competencia y el libre comercio.

De acuerdo con Smith en “Las Riquezas de las Naciones”, publicado originalmente en 1776 y traducido nuevamente al castellano, en una versión de 2011; en una economía de mercado, cada individuo motivado en la búsqueda de su propio beneficio, causa directamente un beneficio colectivo.

David Ricardo, en su obra “Principios de economía política y tributación”, desarrollada en 1817 y traducida nuevamente al castellano en 2003; abordó, entre otros; aspectos relacionados con el crecimiento económico y los beneficios de una economía de mercado no regulada, argumentando que para maximizar la riqueza se debía evitar la intervención del Estado, así como la teoría de la ventaja comparativa, la cual hace énfasis en la productividad de los países como eje central de discusión en la teoría económica clásica.

Se observaba entonces cómo la doctrina económica giraba en torno a la capacidad de los países de lograr crecimiento económico, para de tal forma impactar positivamente en la sociedad, se estudiaba entonces la realidad económica desde perspectivas cuantitativas, las cuales estaban influenciadas por posturas reduccionistas, en las que se consideraba la medición del Producto Interno Bruto -que se remonta a la década del 1930- como factor decisivo para determinar el bienestar de la sociedad.

Sin embargo la misma historia se encargó de dejar al descubierto las asimetrías entre países del norte-sur que cobraban cada vez mayor envergadura y que se acentuaban conforme corrían los años, tales discusiones marcaron un hito en la humanidad, toda vez que se fue configurando una masa crítica que reclamaba un cambio en el paradigma económico, las cuales abogaban por atender las necesidades de la población, en un enfoque eminentemente social que entendía al hombre como centro del desarrollo.

Dicho bagaje teórico fue tomando mayor fuerza en las escuelas de pensamiento, logrando consolidar las teorías heterodoxas o alternativas, las cuales argumentan que el subdesarrollo es consecuencia del propio desarrollo económico del capitalismo.

De tal suerte que en la segunda mitad del siglo XIX se incorporó el ámbito social como parte fundamental en toda la discusión que concernía al mundo en esa época, se fue

gestando entonces un discurso que proclamaba acoger la inclusión en la política económica y posterior medición de otros aspectos no necesariamente relacionados con factores cuantitativos, cohesionados a través de indicadores cuya función es medir el progreso de un país a partir de la esperanza de vida, el nivel educacional y el ingreso per cápita, entre otros, y que básicamente supuso un primer paso para pasar de la noción de Crecimiento, que es lo que mide el PIB, a la de Desarrollo, un concepto más cualitativo en lo que a calidad de vida se refiere.

Dichas preocupaciones se observaban de alguna manera en la Economía del Bienestar, la cual se preocupaba por aportar criterios que permitieran evaluar el papel que debía jugar el Estado en la economía, propendiendo por buscar una asignación eficiente de recursos en términos sociales. Tal rama del pensamiento económico pretende entonces lograr el bienestar total o la utilidad total existente en una sociedad, mediante la maximización de la producción, con una cantidad dada de recursos para poder lograr la óptima distribución de bienes y servicios. La economía del bienestar fue desarrollada fuertemente a mediados del siglo XX por diversos autores entre los que se destaca Pareto y Pigou.

Los cuestionamientos hacia la economía clásica y su mínimo énfasis hacia el reconocimiento de las condiciones socio-ambientales, dieron lugar a una estructura de pensamiento subyacente a un ethos particular a la segunda mitad del siglo XX, el cual, motivado por diversas concepciones, como el desarrollo a escala humana, donde Neef (1994) vuelca la atención hacia el ser humano como eje dinamizador de la economía, de esta manera su postulado se centraba en considerar que el desarrollo debe girar en torno a las personas.

Del mismo modo, coexisten otras cosmovisiones de sociedad, como las aportadas por Sen (2000), el cual sentó las bases de una nueva economía basada en la satisfacción de las necesidades, la que ha de dotar al individuo de una serie de potencialidades y capacidades que le restituyan la libertad y la capacidad de toma de decisiones, como única posibilidad de eliminar la pobreza.

La doctrina económica ortodoxa condujo igualmente a un uso desmedido de los recursos naturales, quizás como consecuencia de sus propios postulados y del sentir de varios pensadores, para quienes el medio ambiente estaba a merced de los seres humanos, denotando claramente una postura antropocéntrica que fue ocasionando un deterioro en la calidad y disponibilidad de los bienes y servicios provistos por el ecosistema y que despertó el interés en la sociedad, principalmente en los países desarrollados, los cuales finalizando la década de 1960 y en los albores de la década de 1970 comprendieron que el modelo económico se basaba en la explotación de los recursos naturales, ante tal razón estaba supeditado a la disponibilidad de uso de dichos recursos, sucumbiendo finalmente ante la finitud de los mismos. Tales preocupaciones dieron origen al surgimiento y posicionamiento de movimientos ambientalistas, destacándose Lovelock (1972), para el cual la tierra como ecosistema, se auto-regula y permite que las condiciones de vida se mantengan. De acuerdo con la denominada teoría Gaia, para garantizar un sistema en equilibrio se debe conservar el mayor número y cantidad posible de especies; ante tal presupuesto, se debe garantizar la protección de la biodiversidad y del ecosistema, como mecanismo para preservar un sistema en homeóstasis.

Es importante manifestar que las preocupaciones ambientales fueron una consecuencia de la esterilidad de las teorías clásicas y neoclásicas para abordar la notoria degradación ambiental que se observaba, cuestionando así el paradigma sobre las bondades del mercado para organizar eficientemente las diversas cuestiones que se suscitaban principalmente en materia ambiental- y que emergían por la nula respuesta de las teorías que dominaban el paradigma económico.

Producto de tales discusiones fue gestándose un movimiento que abogaba porque se incorporara la dimensión ambiental dentro de la planificación del desarrollo, surgiendo enfoques integradores u holísticos, que abarcaban de forma integral la perspectiva del desarrollo con un mayor énfasis al tratamiento del planeta como ecosistema que se debe superponer a los intereses propios de la economía.

De esta manera en 1987, la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el informe *Nuestro Futuro Común*, publicado en 1992; define el desarrollo sostenible como “aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (p. 3)

La voluntad a favor de un desarrollo sostenible conlleva la consideración de la multidimensionalidad de tres factores, en donde las decisiones económicas, sociales y medioambientales son indisolubles (Álvarez, 2016).

Entonces, es evidente que este nuevo modelo implica un cambio de paradigma en el que se deje a un lado la medición del desarrollo en términos cuantitativos, por un nuevo término que envuelva aspectos cualitativos, en una triangulación de aspectos económicos, sociales y ambientales, dando origen a un nuevo marco institucional democrático y participativo, cuya finalidad sea, además de la consideración de la reciprocidad entre los componentes de la triada definida, la capacidad de aprovechar los beneficios derivados de la implementación al unísono de los términos, bajo el entendido de que el avance en uno nunca deberá ir en detrimento de otro. Se da por sentado entonces que el crecimiento económico, la justicia social principalmente en la población más vulnerable y la preservación del ecosistema dan cuenta de objetivos correlacionados, mutuamente dependientes.

Durante los últimos decenios, desde la academia y otros sectores se ha demostrado sistemáticamente la urgencia de un cambio en la estructura económica y política, la cual ha causado una escisión entre hombre - naturaleza que se ve reflejada mediante diversos tipos de impactos como el incremento exponencial de residuos que logra saturar los rellenos sanitarios, contaminación del nivel freático y otros problemas asociados al uso intensivo de los recursos naturales.

La perspectiva ambiental del desarrollo emerge así como una nueva visión del proceso civilizatorio de la humanidad. La crisis ambiental vino a cuestionar las bases conceptuales que han impulsado y legitimado el crecimiento económico, negando a la naturaleza. La sustentabilidad ecológica aparece como un criterio normativo para la reconstrucción del orden económico, como una condición para

la sobrevivencia humana y para el logro de un desarrollo durable, problematizando los valores sociales y las bases mismas de la producción (Leff, 2011, p.10)

A partir de una profunda resignificación epistemológica, se ha logrado mediante los campos dialécticos de la ciencia- abordar desde las ciencias sociales la necesidad de establecer, mediante investigaciones, estadios de desarrollo que den cuenta de la responsabilidad en el manejo de los RAEE y residuos sólidos en general, siendo entonces la sostenibilidad, el enfoque a lograr.

Las investigaciones en Colombia datan del año 2008, a partir de los esfuerzos del Ministerio de Comunicaciones con el estudio titulado “Estudio piloto de recolección, clasificación, reacondicionamiento y reciclaje de computadores e impresoras usadas, llevado a cabo en Bogotá en el marco del Proyecto “inventario de e-waste en Sudamérica” del Centro Regional de Basilea”, el cual mediante una campaña de recolección, permitió el acopio, clasificación y caracterización de algunos AEE, determinando el nivel de aprovechamiento a partir de sus componentes potencialmente recuperables.

Por su parte, el Viceministerio de Ambiente. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el año 2010 expidió el documento Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, que da lugar a unas consideraciones en calidad de manual, frente al manejo de los RAEE en las etapas de: recolección; transporte y logística; reusó, reciclaje y disposición final.

El trabajo de Hoyos (2011), *Desarrollo y aplicación de un modelo de simulación de un sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos asociados a las Tic en Colombia, para analizar su viabilidad tecnológica y financiera*, es un referente importante para el desarrollo del presente proyecto, toda vez que ofrece un modelo financiero para garantizar la sostenibilidad económica en la gestión de los RAEE, reconociendo posibles ingresos a partir de la demanufactura y desamblaje de ciertas fracciones residuales, que da lugar a la venta de materiales preciosos, ferrosos y no ferrosos, con un valor comercial considerable y que hoy en día da lugar a una práctica conocida como minería urbana. Dichos ingresos deben subsidiar y financiar el desarrollo de actividades operativamente costosas, como la pirólisis, termólisis y demás tratamientos químicos, para la separación y destino final de los elementos tóxicos.

El artículo “Sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Enfoque de dinámica de sistemas” de Rodríguez, González, Reyes y Torres (2013), a partir del modelo propuesto se esperaba entender la dinámica de gestión de los RAEE bajo la perspectiva de diversas políticas. Los resultados de las simulaciones, establecieron como uno de los resultados más significativos, el reconocer que el sistema de recuperación que domina en Bogotá es el informal, derivando en mayores barreras para el aprovechamiento óptimo de las fracciones residuales. De acuerdo con la investigación “la cantidad de material que puede ser aprovechado luego de este proceso es menor que aquel más tecnificado encontrado en el reciclaje formal”, aseverando el estudio que las políticas con mayor efectividad son aquellas de carácter preventivo, en tanto inciden desde el diseño del producto, mediante la

sustitución de materiales contaminantes por otros de menor impacto y con mayor potencial de recuperación, favoreciendo a la postre su reciclaje en términos operativos y de costo-eficiencia.

Finalmente, se realizó una búsqueda sobre la gestión integral de RAEE y alternativas de minimización, en el cual se destacan los estudios de Cerón, Osorio, Peña, Casas, y Vidal (2015) titulado *Priorización multicriterio de un residuo de aparato eléctrico y electrónico*; se propone el diseño de una red de logística inversa para el manejo de los televisores de rayo catódico y monitores de cristal líquido. Del mismo modo se caracterizó los AEE de mayor presencia en el mercado colombiano, a partir de fuentes secundarias como “el método de consumo y uso de cual toma en cuenta el número promedio de equipos en un hogar típico con accesorios eléctricos y electrónicos, y el método de suministro de mercado, que usa datos referentes a la producción y las ventas de una región geográfica dada”.

A partir del método implementado, se puede establecer que los televisores y las neveras son los aparatos que tienen mayor penetración en los hogares de Colombia, con el 91,3% y 77%, en su orden, y que los mismos representan un peso en toneladas de 32.811 y 34.594, respectivamente.

Se observa a nivel de Latinoamérica que las investigaciones en relación con los RAEE datan principalmente, de la primera década del siglo XXI, particularmente en el año 2007 por Fernández, donde se lleva a cabo la investigación “La cadena de valor de los RAEE. Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Latinoamérica”; ofreciendo información sobre la gestión de los RAEE en Argentina, Chile; Bolivia y Venezuela.

Se destaca el hecho que en ese momento se considerara la fuerte necesidad de establecer un marco jurídico específico para el manejo ambiental sostenible de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) en el cono sur, toda vez que siete años después aún se encuentran en proceso de reglamentación los RAEE, en algunos países de América, como Venezuela y Uruguay.

En el marco del doctorado en Química de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se desarrolló el proyecto denominado “Gestión integral de los residuos sólidos en los municipios de Actopán, San Salvador y el Arenal del estado de Hidalgo”(Sánchez, 2007), se desarrolló un plan de gestión de residuos sólidos que partió del diagnóstico situacional en las zonas objeto de estudio, para lo cual se caracterizaron los residuos sólidos generados, ofreciendo un panorama que dio origen a una serie de propuestas a aplicar en las diferentes fases del manejo y tratamiento, de acuerdo con las posibilidades socioeconómicas y demográficas del territorio objeto de análisis.

Dentro de los esfuerzos de la comunidad científica se encuentra la tesis doctoral de Artaraz (2010), denominada “Políticas públicas para una gestión sostenible de los residuos municipales. Un análisis aplicado al municipio de Vitoria-Gasteiz:

El proyecto se estructuró en siete capítulos, los cuales recopilan una serie de antecedentes históricos que dan cuenta de las problemáticas evidenciadas, así como los instrumentos de política pública y métodos de tratamiento para los residuos generados en el espacio territorial analizado.

Finalmente se presenta una propuesta, enmarcada en una secuencia de programas y proyectos, los cuales dan lugar a una serie de recomendaciones para las autoridades locales, la ciudadanía y las empresas.

Dichos instrumentos son concebidos como una estrategia para lograr encaminar esfuerzos que coadyuven a incrementar las actividades de aprovechamiento y valorización, mediante una serie de beneficios impositivos que estimulen principalmente a las empresas, del mismo modo se propone la creación de un impuesto al vertido y la modificación del cobro de aseo, el cual debe ser aplicado proporcionalmente a la separación en la fuente de residuos.

Lo anterior, como una estrategia que articulada a procesos de formación busca lograr un cambio desde el ethos; hacia posturas biocéntricas que reconozcan la importancia de gestionar integralmente los residuos.

En el año 2011, se publicó el documento “Lineamientos para la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Latinoamérica: Resultados de una mesa regional de trabajo público – privado”, el cual es producto del Proyecto Regional sobre Armonización de la Gestión de Residuos Electrónicos en Latinoamérica, adelantado por la Plataforma RELAC y el International Development Research Center, IDRC. Se resalta del trabajo realizado el protocolo de manejo en el ciclo de vida de los RAEE, con la propuesta de unos estándares mínimos de seguridad, que garantizan la protección y la salvaguarda de la seguridad laboral de los participantes, y la minimización de los impactos antropogénicos hacia el medio ambiente.

Por parte de Colombia, participaron diversos actores donde se destaca el Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales; la Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones, el Ministerio de Ambiente y otros entes privados.

Como resultado del trabajo intersectorial se presenta una propuesta que contiene unas recomendaciones sobre técnicas legislativas, normatividad para los sistemas de gestión de RAEE y la creación de espacios regionales de trabajo para incorporar las necesidades de diferentes actores, garantizando igualmente su oportuna discusión, aprobación y retroalimentación.

Se identifican como referentes los trabajos de Pérez, Wangél y Bovea (2011): *Aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) para fomentar la recogida selectiva de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Aplicación a la categoría de juguete*, en el cual cuentan la experiencia de la utilización de TIC en la recolección de juguetes en España.

Igualmente, resulta interesante abordar como referente la tesis doctoral de Salas (2012) “Diseño de un modelo de análisis de sostenibilidad de política públicas en salud”, la cual enmarca una discusión que desde la dimensión epistemológica y ontológica pretende develar una realidad que hace recurrente un modelo que de acuerdo con las condiciones sociodemográficas y demás condiciones, tanto endógenas como exógenas, pueda generar una política de control a la malaria.

Se considera que la investigación ofrece un soporte investigativo, en tanto establece una discusión sobre la estructuración de la agenda pública y su ruptura con la sostenibilidad, por cuanto dentro de las discusiones de planificación y ordenamiento, no se han incorporado las acepciones de la sostenibilidad, las cuales entretejen un sistema de relaciones complejas, que da lugar a relaciones causa efecto entre lo económico-social y lo ambiental.

La investigación doctoral titulada “Modelos y algoritmos para logística inversa: optimización de sistemas de recolección de RAEE” (Mar, González y Adenso, 2012), describe un modelo algorítmico que hace más eficiente el sistema de recolección de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en México. De esta manera, mediante modelación de datos, en casos de estudio, se evidencia que el procedimiento propuesto destaca sobre los sistemas tradicionalmente desarrollados, mejorando los tiempos de respuesta, atención y costos asociados a dicha actividad.

La tesis doctoral denominada “Política pública en el manejo de los desechos sólidos municipales. El caso de Santiago de Querétaro”, por Corona, año 2013; cuyo objetivo consistió en analizar las actuaciones y orientaciones del gobierno municipal en el manejo de los residuos sólidos. Para tal fin se establecieron los componentes de política pública, desde su génesis; luego se evaluaron los resultados alcanzados en cuanto a la recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos; por último, se propusieron posibles estrategias de carácter sostenible como respuesta a las problemáticas identificadas.

De acuerdo con el autor, las políticas públicas en el Estado de Querétaro han presentado falencias en la instrumentación y concepción, toda vez que han estado sistemáticamente desarticuladas de un contexto caracterizado por el incremento radical en la generación de residuos y disposición final en rellenos sanitarios, que ha desencadenado una serie de problemáticas, incluso de salud pública. Lo anterior pone de manifiesto la consolidación de un nuevo marco regulatorio que reconozca dichas particularidades, generando alternativas financieras y socialmente sostenibles.

La investigación estableció finalmente que se está en mora de proponer acciones integrales que aborden los residuos desde una perspectiva económica, social y ambiental, acudiendo a diferentes programas, como por ejemplo: separación en la fuente y clasificación de fracciones residuales, sistema de compostaje y aprovechamiento y valorización, entre otros, los cuales deben orientarse hacia la protección del ecosistema, a partir de instrumentos económicos que coadyuven a generar bienestar en la sociedad.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, *et al.* (2015), publicaron un estudio denominado “Gestión sostenible de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en América Latina”, el cual define una posible ruta procedimental y metodológica que permita la gestión sostenible de los RAEE.

El documento sintetiza el marco legal internacional de los residuos en discusión, haciendo un breve recuento sobre la regulación aplicable al respecto en Latinoamérica, posteriormente establece las principales brechas para la eficiente gestión de los RAEE, así como las oportunidades latentes derivadas de un déficit regulatorio y de disponibilidad de tecnología para el aprovechamiento, principalmente. Finalmente se aduce la necesidad de implementar estándares internacionales que retribuyan las acciones en el marco de la Responsabilidad Extendida al Productor REP, como una estrategia para delegar de manera progresiva al sector industrial todas las actividades que coadyuven a la gestión sostenible durante la cadena de producción, comercialización, uso, aprovechamiento y destino final.

La publicación “Modelo para la predicción de la generación de residuos electrónicos” de Cárdenas, Fernández y Figueroa (2015) propone una nueva metodología para calcular la generación de RAEE en los hogares, mediante un modelo matemático aplicado en la ciudad de Culiacán, México. De los resultados obtenidos se encontró que la probabilidad de desuso de los teléfonos celulares es del 48%, lo que representa el doble de la probabilidad si sólo se considera al ciclo de vida del producto”, de esta manera se concluye que es probable calcular, mediante modelos acertados, la cantidad de residuos de AEE al igual que las sustancias nocivas contenidas en ellos. Urgen investigaciones similares en Colombia, en tanto las investigaciones hasta ahora conocidas presentan datos que poco coinciden, dificultando el proceso decisorio por parte de las autoridades ambientales y la sociedad civil.

3. Metodología

A nivel de enfoque epistemológico, la investigación es empírico analítica, toda vez que este tipo de investigación asume el análisis de aspectos positivistas que convergen hacia la identificación del estado actual de Armenia frente a la gestión de residuos de AEE.

El desarrollo de la investigación se encuentra en la fase I, mediante un muestreo aleatorio aplicado en la zona urbana de Armenia, se adelantó una encuesta a cuatrocientas (400) personas de las diferentes comunas, que representan estadísticamente una población de 298.197 habitantes, según el Dane (2010), en aras de caracterizar a los consumidores, en cuanto al posconsumo.

La encuesta se desarrolló en el primer semestre de 2016, con el apoyo de la Fundación Nacional Contaminación Tecnológica Tesla, con personería jurídica y ubicada en la ciudad de Armenia; empresa que cuenta con Licencia Ambiental RAEE, Resolución 1277 de 2014 expedida por la Corporación Autónoma Regional del Quindío.

4. Resultados

¿Conserva en su hogar algún aparato eléctrico o electrónico en desuso?

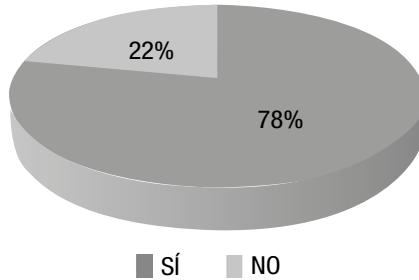


Figura 1.

Fuente: Fundación Nacional Contaminación Tecnológica

El 22% de los encuestados conservan en los hogares, aparatos eléctricos y electrónicos en desuso, de esta manera resulta interesante diseñar estrategias que garanticen un destino final seguro, de acuerdo con las consideraciones de la normatividad aplicable.

Si a la anterior pregunta, respondió de forma afirmativa, mencione los RAEE que conserva en su hogar



Figura 2.

Fuente: Fundación Nacional Contaminación Tecnológica

De acuerdo con los resultados, los encuestados almacenan principalmente computadores y periféricos (38%) y celulares (32%), constituyendo una oportunidad para adelantar acciones de aprovechamiento y valorización, toda vez que de acuerdo con los Ministerios de Comunicaciones, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.(2008), la unidad central de procesamiento CPU de un computador tiene aproximadamente un 80% de residuos no peligrosos que merecen ser recuperados para garantizar un aprovechamiento sostenible en la industria.

Cuando tiene un aparato y electrónico que se ha dañado, ¿qué hace con él?

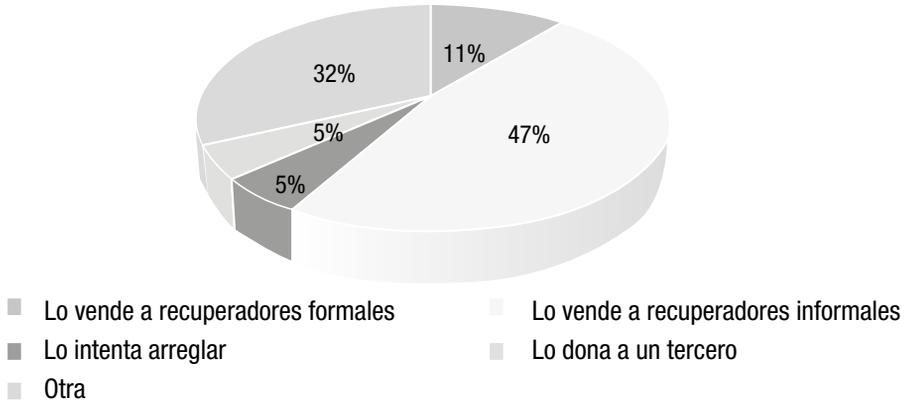


Figura 3.

Fuente: Fundación Nacional Contaminación Tecnológica

EL 47% de los encuestados afirman que los AEE en desuso son vendidos a recuperadores informales, de acuerdo con (León, 2010, p. 49) “el 54% (o 4.374 t) de los residuos de PC generados en el 2009 son desensamblados informalmente”. Dichas prácticas de desensamble y separación (en algunos casos sometiendo los aparatos a altas temperaturas) realizadas de manera controlada y sin las garantías, deriva en algunos casos en accidentes y/o enfermedades de los recuperadores, así como en impactos al medio ambiente, en tanto los componentes que no pueden ser aprovechados por su potencial peligro, terminan siendo dispuestos en botaderos a cielo abierto y en algunos casos en los rellenos sanitarios, sin cumplir las medidas necesarias para los residuos peligrosos.

Al descartar/votar algún RAEE ¿usted qué decisión toma?



Figura 4.

Fuente: Fundación Nacional Contaminación Tecnológica

El 9% de los encuestados reconocen que al descartar los RAEE lo hacen en sitios ajenos a los autorizados, generando un foco de contaminación, que sin lugar a dudas constituye un problema de salud pública a resolver.

El 4% de la muestra dispone los residuos a través de puntos de recolección dispuestos por fabricantes, importadores y demás actores de la cadena de suministro; los cuales son responsables, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 1512, 1511 y 1297 de 2010 del Ministerio de Ambiente.

Igualmente el 6% de los encuestados entrega los residuos RAEE a empresas especializadas en la recolección y disposición final, de esta manera, en gran medida (81%), las fracciones residuales son dispuestas por medio del sistema tradicional para recolección de residuos ordinarios; acrecentando la tensión sobre el relleno sanitario Andalucía.

Los resultados dan cuenta de la necesidad de generar actividades pedagógicas en la comunidad, apropiando a los usuarios, sobre las afectaciones para el ecosistema y la salud humana, ante una inadecuada disposición de los RAEE.

5. Discusión de resultados

Los resultados alcanzados dan cuenta de la caracterización de los usuarios de aparatos eléctricos y electrónicos, en la etapa de posconsumo, de donde se puede establecer que el 38% de los encuestados almacenan computadores y periféricos en desuso, mientras que el 32%, celulares. El identificar dicho escenario, dará lugar al reconocimiento de cuales actores -comercializadores, importadores, fabricantes- deben intervenir en mayor medida para garantizar un destino final seguro de tales aparatos; para tal fin se hace necesario invocar el principio de responsabilidad extendida del productor, que de acuerdo con Lindhqvist, Manomaivibool y Tojo (2008) es un “principio de política que promueve mejoramientos medioambientales en todo el ciclo de vida de los sistemas de productos a través de la extensión de las responsabilidades de los fabricantes del producto, hacia distintos momentos de todo el ciclo de vida del producto, y especialmente a su retiro, reciclaje y tratamiento final”.

Lo anterior es de suma importancia, por cuanto garantizaría el cumplimiento de las Resoluciones 1511 y 1512 de 2010, que determinaron la responsabilidad a los productores de diseñar e implementar un sistema de recolección selectiva y gestión integral para bombillas y computadores/periféricos, respectivamente; garantizando una meta de recolección como mínimo del 5% en el 2012; mientras que, en los años posteriores, lograr incrementos del 5% anual hasta alcanzar recolectar el 50%.

Por su parte la Resolución 1297 de 2010, establece la responsabilidad para los productores de pilas y/o acumuladores, estableciendo metas de recolección de 4% anual a partir del 2012, hasta alcanzar el 45% como mínimo de residuos recolectados.

Resalta, con preocupación, la baja participación de los productores y comercializadores en la adopción de sistemas de recolección de los residuos puestos por ellos en el mercado,

mediante el diseño de estrategias y campañas que motiven la retoma o devolución de los productos por parte de los consumidores, toda vez que el 4% de los encuestados aseveró que al descartar los residuos lo entregan a estos, lo cual es una obligación según los términos previstos en Ley 1672 de 2013 en el capítulo II, artículo 6 “del productor”.

Sobresale el hecho de que el 47% de los encuestados toma la decisión de vender los aparatos eléctricos y electrónicos averiados, a los recuperadores informales, los cuales realizan procesos de aprovechamiento de manera artesanal, sin cumplir las condiciones necesarias para garantizar la salud de quienes adelantan dichas prácticas. Igualmente resulta preocupante reconocer que el 81% de los encuestados, entrega los RAEE a las Empresas Públicas de Armenia EPA, a través de los vehículos recolectores, los cuales en su mayoría, son destinados a rellenos sanitarios, siendo un foco de contaminación por sus componentes con potencial peligro para el ecosistema.

El 9% de los encuestados aseveraron que los residuos son descartados en otros lugares, acrecentando la problemática ambiental, al observarse en la ciudad diversos botaderos a cielo abierto que no cumplen con la normatividad vigente aplicable.

Es evidente que para su disposición se requiere de un sistema eficiente de gestión que garantice la mayor participación de empresas gestoras especializadas en la disposición final, por cuanto solo el 6% de los encuestados afirman que acuden a dichas empresas al momento de descartar sus residuos de AEE.

Al garantizar una entrega efectiva de los RAEE, en los puntos de recolección autorizados, se posibilita el desarrollo de estrategias de aprovechamiento y valorización que garanticen la recuperación de fracciones como metales preciosos, ferrosos, entre otros; que pueden reincorporarse al sistema de producción, coadyuvando a disminuir la presión sobre los recursos naturales.

Urge adelantar procesos de socialización y divulgación en los agentes de interés, sobre la importancia de llevar a cabo una gestión adecuada, enfatizando sobre sus componentes tóxicos y riesgos potenciales para la salud humana y el ecosistema; de esta manera se logrará dinamizar los sistemas de recolección selectiva, en beneficio de la sostenibilidad.

Conclusiones

En Colombia, aun cuando desde fines de siglo XX existía un marco normativo amplio frente a los residuos peligrosos, no se abordaba con suficiente especificidad las fracciones de los AEE; los cuales por sus características especiales, merecían ser legislados bajo un marco legal específico que reconociera por un lado, la peligrosidad de algunos de sus componentes, pero que también resaltara a los RAEE por sus componentes aprovechables, como el oro, que los convierten en valiosos insumos para reincorporar a los ciclos de producción, coadyuvando a un manejo sostenible de los recursos.

En el año 2010, el Minambiente inicia el proceso de reglamentación con las Resoluciones 1511 y 1512, las cuales determinaron la responsabilidad de diseñar e implementar un

sistema de recolección selectiva y gestión integral para bombillas y computadores/periféricos, respectivamente; garantizando una meta de recolección como mínimo del 5% en el 2012; mientras que, en los años posteriores, lograr incrementos del 5% anual hasta alcanzar recolectar el 50%.

Por su parte, la Resolución 1297 de 2010, establece la responsabilidad para los productores de pilas y/o acumuladores, estableciendo metas de recolección de 4% anual a partir del 2012, hasta alcanzar el 45% como mínimo de residuos recolectados.

Al garantizar una entrega de los aparatos en los puntos de recolección autorizados, se posibilita el desarrollo de estrategias de aprovechamiento y valorización que garanticen la recuperación de fracciones como metales preciosos, ferrosos, entre otros; que pueden reincorporarse al sistema de producción, coadyuvando a disminuir la presión sobre los recursos naturales.

Sin embargo, de acuerdo con los encuestados, el 10% dispone los residuos de AEE a través de los canales o puntos autorizados, de esta manera el 81% de los encuestados afirma que los residuos son entregados a la Empresa de Servicios Públicos de Aseo de Armenia. Se puede concluir entonces que dichos elementos finalizan en el relleno sanitario, sin la posibilidad de gestionar actividades de aprovechamiento para su retorno al ciclo productivo.

Se evidencia la necesidad de gestionar desde los compromisos adquiridos por el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019, actividades de sensibilización, entre otras, que garanticen un manejo integral eficiente de los residuos.

Si bien es cierto un sistema apropiado para la gestión de las fracciones residuales implica diversos retos y desafíos, Colombia no cuenta con una adecuada industria de reciclaje para los RAEE, situación que impone retos para los diversos actores de forma tal que se gesten acciones colectivas a partir de principios de carácter legal que conduzcan en lo posible a tomar en nuestro país acciones voluntarias de responsabilidad ambiental.

Lo anterior da lugar a que las actividades de reciclaje se desarrollen en condiciones de informalidad e ilegalidad, que no cumplen con parámetros definidos en la normatividad, atentando contra las condiciones del ecosistema y la seguridad de los recuperadores.

Ante dicho escenario, de acuerdo con los resultados de la encuesta, los aparatos eléctricos y electrónicos, en un 47% son dispuestos a través de los canales informales, acrecentando las problemáticas, en tanto que, dicho sistema no cuenta con la tecnología requerida para desarrollar un proceso amigable con el medio ambiente, ocasionando además de múltiples impactos ambientales, posibles afectaciones de salud para quienes intervienen en esta actividad y la comunidad en general.

Es así como se constituye en un reto desarrollar un sistema de gestión encaminado hacia la consideración de las alternativas de tratamiento y aprovechamiento de los residuos, así como las atinentes a un destino final seguro.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. Álvarez, A.M. (2016). *Retos de América Latina: Agenda para el Desarrollo Sostenible y Negociaciones del siglo XXI*. Revista Problemas del Desarrollo, 186 (47), 9-30.
2. Artaraz, M. (2010). “*Políticas públicas para una gestión sostenible de los residuos municipales. Un análisis aplicado al municipio de Vitoria-Gasteiz*”. Vitoria-Gasteiz. España.
3. Cárdenas, B.C., Fernández, E.R., y Figueroa, J.R. (2015). *Modelo para la predicción de la generación de residuos electrónicos*. Revista Iberoamericana de Ciencias, 2(6), 55-67.
4. Cerón, K., Osorio, J., Peña, C., Casas, J., y Vidal, C. (2015). *Priorización multicriterio de un residuo de aparato eléctrico y electrónico*. Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre, 172-197
5. Colombia, Congreso de la República. Ley 1753 de 2015. (2015). *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”*. Bogotá, D.C., 2015. D.O no. 49538.
6. Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo. (1992). *Informe Nuestro Futuro Común*, Madrid, Alianza Editorial.
7. Congreso de la República. Ley 1672 (2013). *Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones*. Bogotá, D.C., 2013. no. 48856.
8. Concejo Municipal de Armenia. (2016). *Plan de Desarrollo del Municipio de Armenia 2016-2019 “Sigamos Adelante”*. Recuperado de: http://www.concejodearmania.gov.co/nuevositio/sites/default/files/02_PROYECTO_DE_ACUERDO_PDM%202016_2019.pdf.
9. Contraloría Municipal de Armenia. (2014). *Estado de los recursos naturales y de ambiente*. pp. 227. Armenia, Colombia. Recuperado de: <http://contraloriarmenia.gov.co/files/editor/files/INFORME%20DEL%20ESTADO%20DE%20LOS%20RECURSOS%20NATURALES%20Y%20MEDIO%20AMBIENTE2014.pdf>
10. Corona, J. (2013). *Política pública en el manejo de los desechos sólidos municipales. El caso de Santiago de Querétaro*. Santiago de Querétaro, México.
11. DANE. (2010). *Proyecciones nacionales y departamentales de población. 2006-2020*. Bogotá.
12. EMPA (Instituto Federal Suizo de Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías). (2009). *Gestión de residuos electrónicos en Colombia. Diagnóstico de electrodomésticos y de aparatos electrónicos de consumo*. Bogotá, Colombia.
13. Fernández, G. (2007). *Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Sudamérica*. Recuperado de: http://www.inti.gob.ar/basilea/pdf/Informe_raee_arg.pdf.
14. Hoyos, J. (2011). *Desarrollo y aplicación de un modelo de simulación de un sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos asociados a las TIC en*

- Colombia, para analizar su viabilidad tecnológica y financiera.* Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
15. Leff, E. (2011). *Globalización, racionalidad ambiental y desarrollo sustentable.* Siglo XXI Editores. México.
 16. León, J. (2010). *Análisis de flujos de residuos de computadores en el sector formal e informal en Colombia.* Instituto Federal Suizo de Prueba e Investigación en materiales, St. Gallen (Suiza), Centro Nacional de Producción más limpia y tecnologías ambientales, Medellín (Colombia). Bogotá.
 17. Lindhqvist, T., Manomaivibool., y P., Tojo, N. (2008). *La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano La gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Argentina.* Lund University International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund Sweden.
 18. Lovelock, J. (1979). *Gaia, una nueva visión de la vida sobre la tierra.* Oxford University Press
 19. Mar, J., González, J., y Adenzo, D. (2012). *Modelos y algoritmos para logística inversa: optimización de sistemas de recolección de RAEE.* Computación y Sistemas, 16 (4), 491-496.
 20. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *A 2018 Colombia tendrá una tasa de reciclaje del 20%.* Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2291-a-2018-colombia-tendra-una-tasa-de-reciclaje-del-20>
 21. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Política nacional para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos* (en borrador), Bogotá, Colombia.
 22. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Resolución N° 1511 de 2010 “Por el cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas y se adoptan otras disposiciones”.* Bogotá, Colombia.
 23. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Resolución N°1512 de 2010 “Por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones”.* Bogotá, Colombia
 24. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Resolución N° 1297 del 2010 “Por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de pilas y/o acumuladores y se adoptan otras disposiciones”.* Bogotá, Colombia.
 25. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.* Bogotá, Colombia.
 26. Ministerio de Comunicaciones. (2008). *Estudio piloto de recolección, clasificación, reacondicionamiento y reciclaje de computadores e impresoras usadas, llevado a cabo en Bogotá en el marco del proyecto “Inventario de e-waste en Sudamérica”,* del Centro Regional de Basilea para Suramérica, Bogotá, Colombia.
 27. Neef, M. (1994). *El desarrollo a escala humana.* Barcelona, Icaria, 1994.
 28. Pérez, B., Wanguel, J., y Bovea, M. (2011) *Aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) para fomentar la recogida selectiva de residuos de aparatos*

- eléctricos y electrónicos. Aplicación a la categoría de juguete. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume, Castellón, España.*
29. Plataforma Regional de Residuos Electrónicos en Latinoamérica y el Caribe. RELAC. (2011). *Lineamientos para la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Latinoamérica: Resultados de una mesa regional de trabajo público – privado.* Medellín, Colombia.
 30. Ricardo, D. (2003). *Principios de economía política y tributación.* Madrid: Editorial Pirámide.
 31. Rodríguez, L., González, N., Reyes, L., y Torres, A (2013). *Sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Enfoque de dinámica de sistemas.* Revista Sistemas & Telemática, vol. 11, núm. 24, enero-marzo, 2013, pp. 39-53 Universidad ICESI, Cali, Colombia
 32. Salas, W. (2012). *Diseño de un modelo de análisis de sostenibilidad de políticas públicas en salud.* Barcelona. España.
 33. Sánchez, G. (2007), *Gestión integral de los residuos sólidos en los municipios de Actopan, San Salvador y el Arenal, del estado de Hidalgo.* Hidalgo, México.
 34. Sen, A. (2000). *Desarrollo y libertad.* Editorial Planeta. Buenos Aires.
 35. Smith, A. (2011). *La riqueza de las naciones.* Madrid: Alianza Editorial.
 36. SUR Corporation of Social Studies and Education. (2007). *Regional platform on pc electronic waste in Latin America and the Caribbean.* Santiago, Chile.
 37. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT *et al.* (2015). *Gestión sostenible de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en América Latina.* Ginebra, Suiza.