

**EVALUACIÓN DEL GRADO DE CUMPLIMIENTO Y CONOCIMIENTO DE LA
RESOLUCIÓN 1512/10 REFERENTE AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN
SELECTIVA Y GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS DE COMPUTADORES
Y/O PERIFÉRICOS EN BOGOTÁ, COLOMBIA**

**ANDREA DEL PILAR GOZÁLEZ BERNAL
NOHORA PAOLA NAJERA FOLIACO**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C, NOVIEMBRE 2013**

**EVALUACIÓN DEL GRADO DE CUMPLIMIENTO Y CONOCIMIENTO DE LA
RESOLUCIÓN 1512/10 REFERENTE AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN
SELECTIVA Y GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS DE COMPUTADORES
Y/O PERIFÉRICOS EN BOGOTÁ, COLOMBIA**

**ANDREA DEL PILAR GOZÁLEZ BERNAL
NOHORA PAOLA NAJERA FOLIACO**

**TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito para la obtención del título**

MICROBIOLOGA INDUSTRIAL

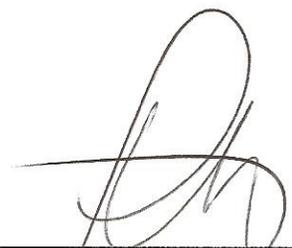
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL**

BOGOTÁ D.C, NOVIEMBRE 2013

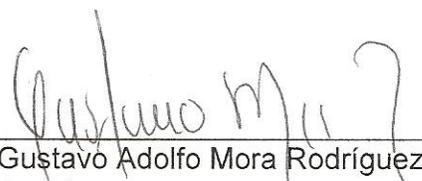
EVALUACIÓN DEL GRADO DE CUMPLIMIENTO Y CONOCIMIENTO DE LA
RESOLUCIÓN 1512/10 REFERENTE AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN
SELECTIVA Y GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS DE COMPUTADORES
Y/O PERIFÉRICOS EN BOGOTÁ, COLOMBIA

ANDREA DEL PILAR GOZÁLEZ BERNAL
NOHORA PAOLA NAJERA FOLIACO

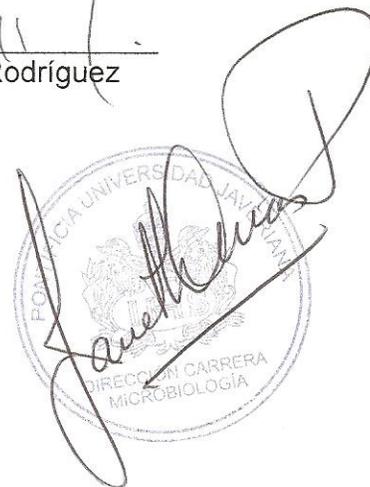
APROBADO



Luis David Gómez Méndez
Director



Gustavo Adolfo Mora Rodríguez
Jurado



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C, NOVIEMBRE 2013

NOTA DE ADVERTENCIA

ARTICULO 23 DE LA RESOLUCION N° 13 DE JULIO DE 1946.

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velara porque no se publiquen nada contrario al dogma y la moral católica y porque la tesis no contenga ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

AGRADECIMIENTOS

“Dios les dio conocimiento e inteligencia en todas las letras y ciencias; y Daniel tuvo entendimiento en toda visión y sueños” Daniel 1:17.

Mis sentimientos de gratitud están encaminados primero a Dios, por que por Él todo ha sido posible, me ha bendecido durante toda mi vida y le doy gracias por darme a mis padres, quienes han sido el instrumento para que yo pueda avanzar en mi carrera profesional.

A mis padres gracias por sus aportes en todas las áreas, por esa entrega y ese sueño que diseñaron para mi y que hoy se cumple.

Gracias a alguien muy importante para mi vida ya que crecimos juntos, caminamos juntos, nos apoyamos en todo... Mi hermano Mateo.

Gracias al director del proyecto David Gómez por su compromiso, apoyo incondicional, dirección, guía y por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto con el uniendo su experiencia y conocimientos con mi labor.

No dejare de lado agradecerles al Dr. Carlos Hernández, Dr. Edgar Erazo, Dr. Juan Fernando Jaramillo, Olga Ortiz y Lidya Tovar por el aporte en su información, por que dispusieron un espacio de su agenda para contribuir en el desarrollo de este estudio.

Andrea del Pilar González Bernal

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en primera instancia porque es mi piedra angular, me dio la salud y sabiduría para levantarme cada mañana, y porque gracias a Él se hizo posible que mis Padres me regalaran la posibilidad de estudiar la carrera que yo soñaba y lejos de mi casa.

A mis Padres Alberto Nájera y Paribanú Foliaco por inculcarme buenos principios y valores. Y lo más importante por haber creído en mí ciegamente a pesar de los obstáculos que se me presentaron durante el desarrollo de mi carrera.

Por darme siempre la fortaleza necesaria a pesar de que no estaban conmigo físicamente.

A mi Profesor y Director del Proyecto, Luis David Gómez que desde el principio creyó en mí y no dudo en ofrecerme hacer parte de su equipo de trabajo, por su apoyo incondicional y su constancia.

Al Dr. Juan Fernando Jaramillo por recibirme de manera muy cordial en su empresa e instruirme acerca de los procesos que ahí se desenvuelven, lo cual sirvió de gran ayuda para el desarrollo del proyecto.

A los Drs Edgar Erazo y Carlos Hernández por ser parte fundamental del proyecto, brindándonos su tiempo y conocimiento como representantes de los entes gubernamentales involucrados.

A la Dra Janeth Arias por acompañarme en todo mi proceso para lograr ser microbióloga desde que empecé la carrera.

Nohora Paola Nájera Foliaco

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	4
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. RAEE.....	5
3.1.1. Clasificación de los RAEE	5
3.1.2. Composición de los RAEE asociado a computadores	7
3.1.3. Ciclo de vida de computadores y/o periféricos.....	8
3.1.4. Manejo de RAEE en Colombia.....	8
3.1.5. Problemas causados por la mala disposición de los RAEE.....	9
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	10
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
5.1. TAMAÑO DE MUESTRA.....	11
5.1.1. Tamaño de muestra para proveedores y productores.....	11
5.1.2. Tamaño de muestra para consumidores.....	11
5.2. Metodología.....	11
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
6.1. CONOCIMIENTO Y CUMPLIMIENTO DE LOS ACTORES QUE PARTICIPA EN LA RESOLUCION 1512/10.....	13
6.1.1. Productores y proveedores.....	13
6.1.2. Consumidores.....	16

6.2. ESTRATEGIAS DE CONTROL POR PARTE DE LAS AUTORIDADES AMBIENTALES INVOLUCRADAS EN LA RESOLUCION 1512/10.....	20
6.3. APORTES QUE REALIZAN LOS POSCONSUMIDORES AL SISTEMA DE RECOLECCION SELECTIVA Y GESTION AMBIENTAL DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFERICOS.....	21
6.4. RELACION ENTRE LA MALA DISPOSICION DE RAEE, SALUD, MEDIO AMBIENTE Y MICROORGANISMOS.....	26
7. CONCLUSIONES.....	36
8. RECOMENDACIONES.....	37
9. BIBLIOGRAFIA.....	38
10. ANEXOS.....	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los RAEE.....	5
Tabla 2. Clasificación de RAEE según su tipo de gestión y manejo.....	6
Tabla 3. Tamaño de muestra por localidad.....	11
Tabla 4. Sistemas de recolección selectiva en la ciudad de Bogotá.....	13
Tabla 5. Empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos asociado a computadores y/o periféricos en Bogotá.....	24
Tabla 6. Precio de compra.....	26
Tabla 7. Presencia de sustancias en determinados tipos d RAEE.....	27
Tabla 8. Bioprocesamiento de equipos electrónicos usados.....	34
Tabla 9. Microorganismos degradadores de caucho.....	46

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Calculo del número de personas encuestadas	41
Anexo 2. Material publicitario " <i>Ecocómputo</i> "	41
Anexo 3. Evidencia fotográfica	43
Anexo 4. Microorganismos degradadores de caucho	46
Anexo 5. Modelo integral de RAEE asociado a computadores y/o periféricos	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de los computadores descrita por Yang <i>et al</i> 2013	7
Figura 2. Representación grafica referente a la primer pregunta de la encuesta realizada a los consumidores	17
Figura 3. Representación grafica referente a la segunda pregunta de la encuesta realizada a los consumidores	18
Figura 4. Representación grafica referente a la tercera pregunta de la encuesta realizada a los consumidores	19
Figura 5. Representación grafica referente a la cuarta pregunta de la encuesta realizada a los consumidores	20
Figura 6. Cubrimiento de “ <i>Ecocómputo</i> ” en el país	23
Figura 7. Punto de recolección ÉXITO calle 170	43
Figura 8. Contenedor de reciclaje “ <i>Ecocómputo</i> ”	43
Figura 9. Contenedor de reciclaje “ <i>Ecocómputo</i> ”	44
Figura 10. Personal “ <i>Ecocómputo</i> ”	44
Figura 11. Personal “ <i>Ecocómputo</i> ”	45
Figura 12. Centro de manejo de RAEE, planta <i>Recyclables</i>	45
Figura 13. Reciclador informal	46
Figura 14. Micrografía electrónica de barrido de piezas de neumáticos después del tratamiento con <i>Bacillus sp.</i>	47

RESUMEN

En Colombia la gestión ambiental de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) comenzó en el año 2007, con la “iniciativa RAEE Colombia”, a partir de aquí se fueron implementando varios planes de desarrollo en pro al manejo integral de estos residuos, específicamente los de origen computacional, como la Resolución 1512 de 2010, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y dirigida a los actores principales dentro del ciclo de vida de dichos aparatos; esto para disminuir el impacto ambiental y a la salud al ser mal dispuestos cuando finalizan su vida útil. **Objetivos.** Evaluar el grado de cumplimiento y conocimiento de los actores involucrados en el ciclo de vida de los computadores y/o periféricos (productores, proveedores y consumidores), Identificar los aportes realizados por otros actores de la cadena de valor, como las autoridades ambientales y los posconsumidores, y las consecuencias que puede traer la mala disposición de estos residuos. **Metodología.** Se desarrollaron encuestas a los consumidores de dos localidades (Usaquén y Chapinero), el número de personas encuestadas fue seleccionado mediante la ecuación de cálculo de tamaño de muestra para variables cualitativas cuando N es mayor a 100.000. Los productores y proveedores se evaluaron mediante la comunicación directa, de igual forma se dialogó con personal delegado del Centro Nacional de Producción Más Limpia, el programa “Ecocómputo”, C.I Recyclables S.A y Megashop TV. **Resultados.** El total de las empresas mencionadas en el presente estudio cumplen con la resolución 1512/10. Un 44% y 38% de personas para las localidades de Usaquén y Chapinero respectivamente regalan los computadores y/o periféricos cuando no son de utilidad en su hogar, mientras que solo un porcentaje del 19% y 25% lo disponen a un punto de acopio como lo obliga la norma y de acuerdo al conocimiento que tienen acerca de la obligación que se tiene de llevarlos a un punto de acopio cuando finalizan su vida útil, el 47% y 57% para Usaquén y Chapinero respectivamente lo saben. **Conclusiones.** El 100% de las empresas entre productoras y proveedoras, mencionadas en el presente estudio conocen y cumplen las obligaciones estipuladas por la resolución 1512/10. De los 400 individuos encuestados, el 59% afirman conocer la obligación que se tiene de retornar a un punto de acopio todo computador y/o periférico que haya finalizado su vida útil, sin embargo, solo el 21,75% de personas llevan estos residuos a un punto de acopio.

1. INTRODUCCION

Desde mediados de los años 90s, el incremento en el uso de las tecnologías de información y comunicación, ha hecho de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) dentro de los que se encuentran computadores, monitores, impresoras y celulares, sean una de las mayores fuentes de contaminación medioambiental a nivel mundial (Silva, 2009).

En el mundo hay muchos países desarrollados que implementan campañas de reciclaje de los RAEE. Sin embargo, en Latinoamérica hace algunos años en los sectores públicos y privados, se están desarrollando estrategias adecuadas para el tratamiento de estos aparatos al final de su vida útil (Silva, 2009).

Debido a que los RAEE contienen elementos tóxicos, tales como el cadmio, plomo, mercurio, entre otros, el impacto de estos sobre el ambiente y la salud humana es bastante negativo, por lo cual es difícil establecer una composición material generalizada para todo flujo de residuos (Editorial Vértice, 2007).

En Colombia, la gestión ambiental de los RAEE, comenzó a partir del año 2007 con la “Iniciativa RAEE Colombia”, (programa lanzado por la EMPA con el fin de estudiar la situación del Reciclaje de RAEE en países en desarrollo), la cual tuvo como función sensibilizar a la población colombiana acerca de la problemática de los RAEE y capacitar a los actores involucrados en la gestión de reciclaje de RAEE, entre otras funciones. A partir de esta situación, se empezaron a fortalecer estrategias para el manejo integral de estos residuos y especialmente los de origen computacional, por ejemplo campañas como “*Computadores para Educar*” (CPU), “*ecolecta*” y la Resolución 1512 del 5 de agosto de 2010, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; que obliga a los actores fundamentales dentro del ciclo de vida de dichos productos, a formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos, con el propósito de prevenir y controlar la contaminación del ambiente (MADS 2012, Mora 2012, Ott 2008).

A partir de esta resolución, se han implementado una serie de programas (colectivos o individuales) para la recolección de los residuos de computadores y periféricos, dentro de los cuales se encuentra el programa “*ecocomputo*”, liderado por la ANDI (Asociación Nacional de Industriales de Colombia) que reunió a más de 45 empresas entre importadores, fabricantes y responsables de marcas propias de computadoras y/o impresoras, con el fin de hacer la promoción inicialmente en Bogotá DC, Barranquilla, Cali y Medellín, de campañas para la devolución de estos residuos, mediante capacitaciones, jornadas masivas de recolección y otras funciones que involucran toda la gestión propuesta por la resolución 1512 de 2010 (Mora 2012).

Cabe recalcar que el proceso de devolución de los RAEE, sólo es uno de los pasos a cumplir en toda la cadena de disposición final y aprovechamiento de

estos. Posteriormente, empresas como Gaia Vitare, C.I Recycables S.A, Lito Ltda y el Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos (CENARE) en el país, se han encargado de continuar con el ciclo de los RAEE, donde muchos de los procesos involucran el reúso, reacondicionamiento, reciclaje manual y mecánico, entre otros, para darle un mejor destino a los compuestos que pueden llegar a ser perjudiciales, tanto para el medio ambiente como para la salud humana. Dentro de estos procesos también existen algunos muy novedosos, y que aún no se desarrollan en Colombia, tratamientos como la biodegradación y biolixiviación, propiciados por microorganismos, los cuales contribuyen a la descomposición del caucho y a la movilización de algunos metales, volviéndolos disponibles para su reutilización (Jaramillo 2013, Hong 2013).

Con base en lo anterior, el objetivo de este proyecto se centra en evaluar el grado de conocimiento y cumplimiento, por parte de los actores involucrados en la resolución 1512 del 2010 y posconsumidores, en lo referente al Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de computadores y/o periféricos, en la ciudad de Bogotá.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

Debido a que las estimaciones hechas por la EMPA en estudios realizados en Colombia durante el año 2008, que indicaron que posiblemente para el año 2013 la generación de RAEE podía llegar a ser entre 80.000 y 140.000 toneladas aproximadamente, se tomaron medidas para la gestión ambiental de estos residuos. Para los residuos de computadores y/o periféricos específicamente, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), con la finalidad de reducir y prevenir la generación de efectos adversos la salud y al ambiente , por el manejo inadecuado de estos residuos al finalizar su vida útil, decide expedir la resolución 1512 de 2010 "Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o periféricos", la cual recae directamente sobre los productores y comercializadores, los cuales pueden formular y/o elaborar los sistemas de forma individual o colectiva (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales 2013).

Los consumidores por su parte tienen la obligación de llevar a un punto de acopio estos residuos, contribuyendo así a la adecuada disposición final de estos. Esta gestión en los consumidores también se ve promovida por la obligación que tienen los productores y expendedores de contemplar en sus sistemas el desarrollo de estrategias, como la divulgación de cualquier tipo (radio, televisión, folletos, etc.), implementación de puntos de acopio, entre otros, que les permiten fomentar la concientización y sensibilización acerca de esta temática del posconsumo de los computadores y/o periféricos en estos actores de la cadena (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales 2013).

Teniendo en cuenta la Resolución 1512 de 2010 para el cumplimiento de los sistemas de gestión ambiental de computadores y periféricos, nuestro objetivo de estudio se basa en investigar mediante encuestas, entrevistas y evidencia fotográfica, que tanto los actores involucrados en la resolución la conocen y la cumplen.

3. MARCO TEORICO

3.1 RAEE

Se entiende por Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) a una amplia gama de aparatos que para su funcionamiento necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos. Estos van desde aparatos domésticos voluminosos (como refrigeradores, acondicionadores de aire, equipos de sonido y lavadoras), hasta aparatos electrónicos de consumo (como teléfonos celulares, computadores y/o periféricos, entre otros); que han sido desechados, por razones que involucran descarte, daños u obsolescencia, y que posteriormente tienen la posibilidad de formar parte de una cadena de disposición final que implica: reacondicionamiento, reciclaje o alguna otra manera registrada para procesar dichos elementos (UE 2012, STEP 2005, Basilea 2002, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico 2001).

Aparte del término RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos), también es común encontrar dentro de esta definición términos como e-waste (electronic waste), e-scrap, e-trash y chatarra electrónica (Ott 2008).

3.1.1 Clasificación de los RAEE

La clasificación ofrecida por la Unión Europea en la **Tabla 1**, está dada por categorías que agrupan los RAEE según el tipo de uso que tienen estos equipos o los canales de comercialización usados para su venta inicial.

Tabla 1. Clasificación de los RAEE

CATEGORÍA	EJEMPLO
Grandes Electrodomésticos	Congeladores, Lavadoras, secadoras, hornos de microondas, ventiladores, entre otros
Pequeños Electrodomésticos	Aspiradora, tostadora, plancha, cafetera, reloj, entre otros
Equipos de informática y telecomunicaciones	Grandes ordenadores, miniordenadores, impresoras, copadoras, teléfono, fax, entre otros
Aparatos electrónicos de consumo y paneles fotovoltaicos	Radio, televisor, videocámara, instrumentos musicales
Aparatos de alumbrado	Lámparas fluorescentes rectas y

	compactas
Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)	Taladro, sierra, máquina de coser, herramientas para cortar césped o para otras labores de jardinería
Juguetes o equipos deportivos y de ocio	Trenes eléctricos, consolas portátiles, videojuegos, ordenadores para realizar ciclismo, submarinismo, correr
Productos sanitarios (con excepción de todos los productos implantados e infectados)	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, pruebas de fertilización
Instrumentos de vigilancia y control	Detectores de humo, reguladores de calefacción, termostato
Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras automáticas de bebidas calientes, de botellas o latas, frías o calientes, de productos sólidos, de dinero

Fuente: Directiva 2012/19/UE del parlamento europeo y del consejo

Sin embargo la clasificación que más afinidad tiene con el tipo de gestión o de manejo que se les debe dar a estos aparatos cuando han finalizado su vida útil se dividen en cinco grupos:

Tabla 2. Clasificación de RAEE según su tipo de gestión y manejo

Grupo	Ejemplos	Justificación
1	Neveras, congeladores, otros refrigerantes	Requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual.
2	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que puede ser manejados según los estándares actuales.
3	Tubos fluorescentes, bombillos	Requieren procesos especiales de reciclaje, valorización o disposición final.
4	Televisores, monitores TRC, monitores LCD	Los tubos de rayos catódicos requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente

5

Equipos de informática, oficina, electrónicos de consumo, equipos de vídeo.

tratamiento individual
Están compuestos en principio de los mismos materiales y componentes, y por consiguiente requieren un tratamiento de reciclaje y valorización muy semejante

Fuente: Adaptación propia de ACRR. , *La Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - Guía dirigida a Autoridades Locales y Regionales 2003*

3.1.2 Composición de los RAEE asociado a computadores

Para la fabricación de computadores se utilizan un gran número de sustancias dentro de las que se encuentran metales pesados, materiales combustibles bromados y halogenados. Por ejemplo la pantalla de un monitor funciona por medio de tubos catódicos cuyo contenido en plomo alcanza 2 Kg aproximadamente (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje 2013).

Los computadores en su gran mayoría están compuestos por plástico y por óxidos refractarios (óxido de aluminio, óxido de magnesio, óxido de titanio) representando alrededor del 60% de la cantidad total, seguido por un alto contenido de cobre, siendo este cerca del 20%, y cerca del 19% esta compuesto por varios materiales dentro de los que se encuentran oro, plata, cobre, cadmio, plomo, mercurio, estaño, níquel, aluminio, caucho, entre otros (**Figura 1**) (Editorial vértice 2007, Yang *et al* 2013).

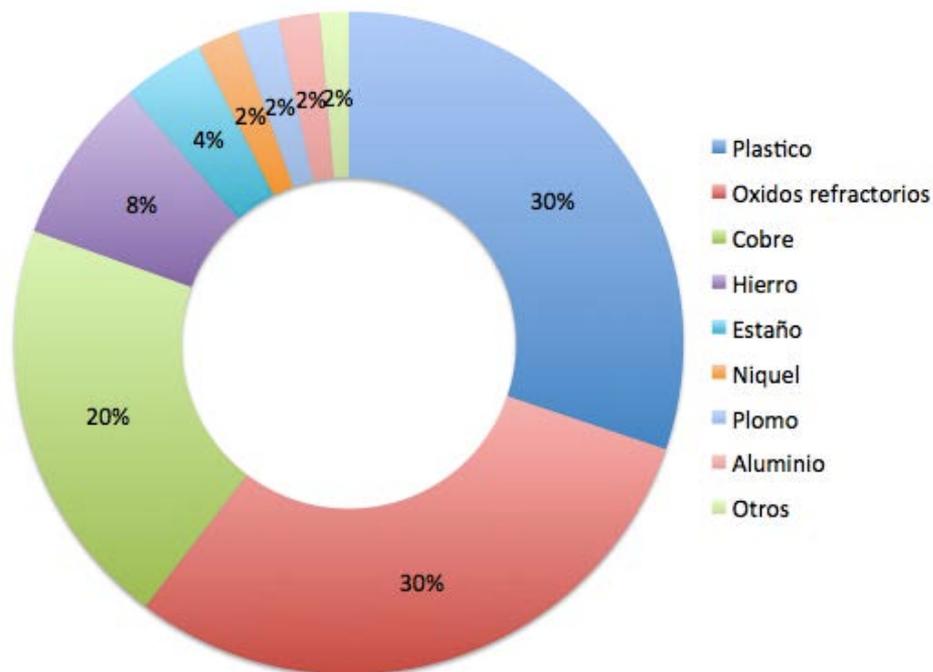


Fig. 1. Composición de los computadores descrita por Yang *et al* 2013

Estas sustancias peligrosas suelen encontrarse más comúnmente en componentes como; los condensadores que contienen bifenilos policromados (PCBs) y se ubican generalmente cerca de la fuente de poder o en las tarjetas de circuito impreso (TCI), componentes con mercurio y plomo como las TCI, pantallas LCD que contienen arsénico, entre otros, mencionados mas adelante (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje 2013).

3.1.3 Ciclo de vida de computadores y/o periféricos

Para hablar del ciclo de vida de los computadores y/o periféricos, hay que saber que el termino ciclo de vida fue “creado por evaluadores ambientales para cuantificar el impacto ambiental de un material o producto que se extrae de la naturaleza hasta que regresa al ambiente como residuo” (Ott 2008).

En Colombia el ciclo de los computadores comienza en el proceso de producción o ensamblaje específicamente, donde se importan las piezas para producir marcas locales; o en su defecto, la importación de computadores y periféricos terminados y listos para el proceso de comercialización. Una vez completado este proceso, estos son comercializados en dos mercados claramente identificados: Mercado formal: Distribuidores autorizados como Alkosto, Panamericana, entre otros; y mercado Informal: Puntos de venta informales como Unilago, San Andresito entre otros. El ciclo continúa con la etapa de consumo donde los principales actores son: las instituciones públicas, las instituciones privadas y los hogares. Aquí es donde tienden a finalizar su ciclo de vida, sin embargo aquellos computadores y/o periféricos susceptibles de ser reparados parcial o totalmente reingresan al ciclo de uso para cumplir con un mayor tiempo de vida útil; si, por otra parte no pueden ser reusados, estos deben ser debidamente gestionados por los encargados para que tengan una adecuada disposición final y no afecten el medio ambiente (Mora 2012).

3.1.4 Manejo de RAEE en Colombia

Durante todos los estudios realizados por EMPA en la búsqueda de alternativas para el manejo de los RAEE en Colombia, en las 4 ciudades mas representativas del país (Medellín, Bogotá, Cali y Barranquilla); la participación del sector informal en su recogida y disposición final, marcó siempre una realidad indiscutible. La duda estaba en cómo era ese proceso de recuperación de materiales ejecutado por este sector informal, y si cumplían con los parámetros exigidos para el cuidado del medio ambiente y la salud (Ott 2010).

Se dieron cuenta de que en esas poblaciones estudiadas, eran muy pocos los sistemas de disposición adecuada de RAEE, y que frecuentemente entraban a las corrientes de residuos sólidos, lo que podía generar graves problemas en la salud de los encargados; que solo un pequeño porcentaje de estos residuos eran gestionados a través de los gestores formales existentes o reacondicionados. Sin embargo de un tiempo para acá, en Colombia las empresas formales se han hecho sentir, no solo por la capacidad que tienen para la gestión, manejo y reciclaje de estos residuos, sino por el interés de los

entes gubernamentales de crear normas y campañas para la recolección de estos (Ott 2008, Jaramillo 2013).

Los gestores formales desarrollan funciones como almacenamiento temporal, desmantelamiento básico, clasificación y separación de los diferentes compuestos contenidos en la chatarra electrónica, para comercializarlos, entre otros. Dicho procesamiento lo hacen bajo una gestión ambientalmente sostenible, cumpliendo con la normatividad nacional vigente, y previniendo de cualquier modo afectaciones al medio ambiente y la salud (Jaramillo 2013).

En Colombia los principales gestores formales encargados de realizar algún tipo de transformación o gestión de RAEE están dirigidos básicamente hacia el sector empresarial puesto que ellos les proveen un flujo constante de estos residuos, aparte son los más interesados por la parte legal, de que se les dé un manejo ambiental a sus residuos y cuentan con la capacidad económica para hacerlo. Dentro de los más importantes encontramos C.I Recycables S.A, Gaia Vitare, Lito Ltda, Aire, Asei, Ecoprocesamiento, Biotratamiento de residuos el Muña Ltda y Belmont trading Colombia S.A (Ott 2010).

3.1.5 Problemas causados por la mala disposición de los RAEE

Algunos de los materiales que incorporan los computadores, pueden poner en riesgo la salud humana y la mayoría de ellos representan un riesgo potencial para el medio ambiente. Estos riesgos se deben principalmente a la presencia de compuestos tóxicos como los retardantes de llama con bromo en los plásticos, cromo hexavalente, cobre, arsénico, selenio, antimonio o mercurio, entre otros, y que desafortunadamente por la diversidad de su composición no se puede establecer un sistema unificado para su gestión, sino que se manejan cada uno por aparte (Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje 2013, Permanyer 2013).

Por otra parte el contenido de metales preciosos (oro, plata y cobre) continúan teniendo un valor económico aun cuando el dispositivo electrónico ha terminado su vida útil, sin embargo al ser dejados al servicio del sector informal, la mayoría de estos recicladores por falta de conocimiento optan por la incineración abierta de desechos, para la recuperación de dichos metales, liberando al ambiente compuestos tóxicos volátiles (UNESCO 2010). *(En la discusión se profundizara más el tema)*

Debido a que el manejo común que se emplea para los RAEE puede llegar a causar problemas económicos, técnicos y medio ambientales, en algunos países se han empezado a desarrollar tecnologías sostenibles, sencillas, rentables y ecológicas que sirvan para recuperar materiales a partir de los desechos electrónicos. Dentro de estas tecnologías prometedoras encontramos una llamada biolixiviación, que usa microorganismos y sus productos metabólicos, para extraer metales como el cobre, de los desechos electrónicos (Hong 2013).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el grado de conocimiento y cumplimiento, por parte de los actores involucrados en la resolución 1512 del 2010 y posconsumidores, en lo referente al Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de computadores y/o periféricos, en la ciudad de Bogotá.

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el nivel de conocimiento y cumplimiento de los productores, proveedores y consumidores de la resolución 1512/10.
- Identificar estrategias de control por parte de las autoridades ambientales involucradas en la resolución 1512/10.
- Identificar los aportes que realizan los posconsumidores al Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos.
- Realizar una revisión bibliográfica sobre el impacto ambiental y a la salud que causan los residuos de computadores y/o periféricos, y el empleo de microorganismos como alternativa de biorremediación.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 TAMAÑO DE MUESTRA

5.1.1 Tamaño de muestra para Proveedores y Productores

En base a bibliografía reportada se seleccionaron 49 empresas entre proveedoras y productoras de computadores y/o periféricos, las cuales son las mas representativas en Bogotá (ANLA 2012, MAVTD 2013).

5.1.2 Tamaño de muestra para consumidores

Universo: Bogotá DC

Población: Localidades (Usaquén y Chapinero).

Las localidades fueron elegidas por método no probabilístico a conveniencia. Luego, para calcular el número de personas a encuestar en cada localidad (Anexo 1), se tomó como base el Censo reportado por el DANE. Datos mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Tamaño de muestra por localidad

Localidad	Número de personas	Tamaño de muestra (n)
Chapinero	122.507	200
Usaquén	430.156	200

Fuente: *Censo 2007 DANE.*

5.2 METODOLOGÍA

A continuación se describe el procedimiento que se realizó para el presente estudio:

Elaboración de las encuestas: En base a las obligaciones que se mencionan en la resolución 1512/10, se formularon las preguntas para los diferentes tipos de actores.

Prueba piloto para las encuestas: Se realizó pruebas piloto a un grupo de 20 personas en las dos localidades a estudiar.

Realización de encuestas: Se eligió al azar 400 consumidores, 200 encuestas se realizaron en la localidad de Chapinero y 200 en la localidad de Usaquén.

Realización de las entrevistas: Se realizó entrevistas a el Dr. Carlos Hernández del Centro Nacional de Producción Más Limpia, al Dr. Edgar Erazo Coordinador del programa “Ecocómputo” y Olga Ortiz colaboradora del programa, al Gerente de C.I Recyclables S.A Juan Fernando Jaramillo, a la Gerente de Megashop TV Lydia Tovar.

Documentación fotográfica: Durante todas las inspecciones se tomó evidencia fotográfica.

Revisión bibliográfica: En la elaboración del proyecto se vio la necesidad de hacer una revisión bibliográfica la cual incluyo: artículos científicos, resoluciones, decretos, libros, revisiones, entre otros.

Tabulación de datos y análisis de datos: Ya que la variable de respuesta es cualitativa se realizó graficas (pastel), evidenciando los porcentajes de los datos obtenidos.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 CONOCIMIENTO Y CUMPLIMIENTO DE LOS ACTORES QUE PARTICIPAN EN LA RESOLUCIÓN 1512/10.

6.1.1 Productores y proveedores

Con el fin de dar cumplimiento a la resolución, los productores pueden optar por una de las dos opciones que menciona la norma; la primera hace referencia a formular, presentar e implementar un sistema de recolección selectiva de forma individual, y la segunda en establecer un sistema de recolección colectivo.

Con respecto a los proveedores, estos tienen la obligación de formar parte de algún sistema de recolección bien sea individual o colectivo.

A nivel nacional se puede evidenciar que un gran porcentaje de empresas entre productoras y proveedoras tiene implementado un sistema de recolección; estas organizaciones son reconocidas en el mercado por su alta demanda. Algunos ejemplos se mencionan en la tabla 4.

Tabla 4. Sistemas de recolección selectiva en la ciudad de Bogotá

TIPO DE RESIDUO	PRODUCTOR Y/O COMERCIALIZADOR	TIPO DE SISTEMA
Computador personal, computador portátil, impresoras, periféricos	Alkosto	colectivo
Periféricos y accesorios de computadores	Bedigital	colectivo
Computador portátil	Brightstar Colombia	colectivo
Tabletas electrónicas	Carco Seve	colectivo
Computador personal, Tabletas electrónicas, periféricos	Compugreiff	colectivo
Equipos de escritorio, portátiles, Tabletas electrónicas	Compumax	colectivo
Notebooks, netbooks, computadores de escritorio, Tabletas electrónicas, impresoras, escáneres y periféricos	Cubix	colectivo

Computador personal, computador portátil, impresoras y estación de acoplamiento portátil.	DELL	Individual
Impresoras	Digital Depot	Colectivo
Computadores y/o periféricos	Distribuidora KTDC	Colectivo
Computadores y/o periféricos	Document Experts	Colectivo
Impresoras y multifuncionales, escáneres	Epson	colectivo
Computadores y/o periféricos	Evolución en computo S.A	Individual
Computador escritorio, computador portátil, impresoras y multifuncionales, escáneres, Tabletás electrónicas, notebooks y periféricos	Éxito	colectivo
Computador escritorio, computador portátil, impresoras y multifuncionales, escáneres, Tabletás electrónicas, notebooks y periféricos	Falabella	colectivo
Tabletas electrónicas, computador infantil	Foto del oriente	colectivo
Computadores y/o periféricos	GPC Colombia	colectivo
Computador personal, computador portátil e impresora	Hewlett-Packard	Individual
Computadores y/o periféricos	Impact & laser impact	colectivo
Tabletas electrónicas computadores de escritorio	Impresistem	colectivo
Máquinas portátiles automáticas para el procesamiento de datos	Infotrack	Individual
Computador personal, computador portátil, impresoras, escáneres, periféricos	Intcomex	colectivo
Computadores y/o periféricos	Internet por Colombia	colectivo
Computador portátil, Tabletás electrónicas, personal	I shop Colombia	Individual
Computadores, periféricos, partes y Tabletás electrónicas	IZC mayorista	colectivo
Computadores escritorio, portátiles, impresoras,	Janus	colectivo

periféricos y Tablet as electrónicas

Computador escritorio, computador portátil, impresoras y multifuncionales, escáneres, Tablet as electrónicas, notebooks y periféricos

Jumbo

colectivo

Computador portátil, Tablet as electrónicas, ultrabooks

Lenovo

colectivo

Impresoras y multifuncionales, escáneres

Lexmark Internationala
Trading Corporation

colectivo

Computadores y/o periféricos

Linalca informatica

colectivo

Terminales portátiles

Macronet

Individual

Computadores y/o periféricos

Makrocomputo

colectivo

Computador portátil, computadores táctiles

Mega Shop TV

Individual

Computador personal, computador portátil, impresoras, periféricos

MPS

colectivo

Computador personal, computador portátil, impresoras, escáneres, periféricos

Nexsys

colectivo

Computador escritorio, computador portátil, impresoras y multifuncionales, escáneres, Tablet as electrónicas, notebooks y periféricos

Panamericana

colectivo

Computadores y/o periféricos

Panasonic

colectivo

Computador personal, computador portátil y tablet as electrónicas

PC Smart

colectivo

Computadores escritorio, portátiles, impresoras, periféricos y tablet as electrónicas

Polux

colectivo

Computadores escritorio, portátiles, impresoras, periféricos y tablet as electrónicas

Prodisur

colectivo

Computador escritorio, computador portátil, impresoras y multifuncionales, escáneres, tablet as electrónicas, notebooks y periféricos

Quorum Computer

colectivo

Impresoras y multifuncionales

Ricoh

colectivo

Computadores escritorio, portátiles, impresoras y tabletas electrónicas	Samgung	colectivo
Computadores escritorio, portátiles	Sed international	colectivo
Computador portátil y periféricos	Sony	colectivo
Computadores y/o periféricos	TCM	colectivo
Computadores y/o periféricos	Tech Data	colectivo
Computador personal, computador portátil, periféricos	Toshiba	colectivo
Computadores y/o periféricos, tóneres y cartuchos vacíos	Uniples	Individual

Fuente: *Adaptación propia de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2013, Resolución 0303/2012.*

Por otro lado, el comando general de las fuerzas militares, el sector defensa del país que es la fuerza aérea, la armada nacional y el ejército nacional, más la policía nacional de los colombianos están contribuyendo con el sistema de recolección colectivo liderado por la ANDI (*Ecocómputo*) en un convenio de cooperación para hacer una gestión integral de esos residuos (Erazo E 2013).

6.1.2 Consumidores

El consumidor es uno de los actores principales dentro del ciclo de vida de los computadores y/o periféricos, puesto que por lo general este es el que produce los residuos de los mismos, y es obligación para estos como lo dice la resolución 1512/10 retornar o entregar los residuos de computadores y/o periféricos a través de los puntos de recolección o los mecanismos equivalentes establecidos por los productores (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).

Teniendo en cuenta lo anterior, y con base en la metodología planteada se realizaron encuestas a consumidores en las localidades de Usaqué y Chapinero (doscientos en cada localidad), en donde con un porcentaje de 44% y 38%, respectivamente, proporciones más altas correspondientes a consumidores que regalan los computadores y/o periféricos que ya no son usados en sus hogares (**Figura 2**), esto podría deberse a la “obsolescencia percibida”, término definido como la creación de un producto con cierto aspecto, y posteriormente encontrar en el mercado exactamente el mismo producto cambiando tan solo el diseño de este, lo cual hace pensar que el equipo es obsoleto a pesar de no haber finalizado su vida útil, por lo cual el consumidor adquiere un nuevo equipo y opta por regalar el antiguo, aumentando inconscientemente la cantidad de RAEE (asociado a

computadores) y de esta manera el daño al medioambiente y a la salud (Mora 2012).

¿Qué hace con los computadores y/o periféricos que ya no son de utilidad en su hogar?

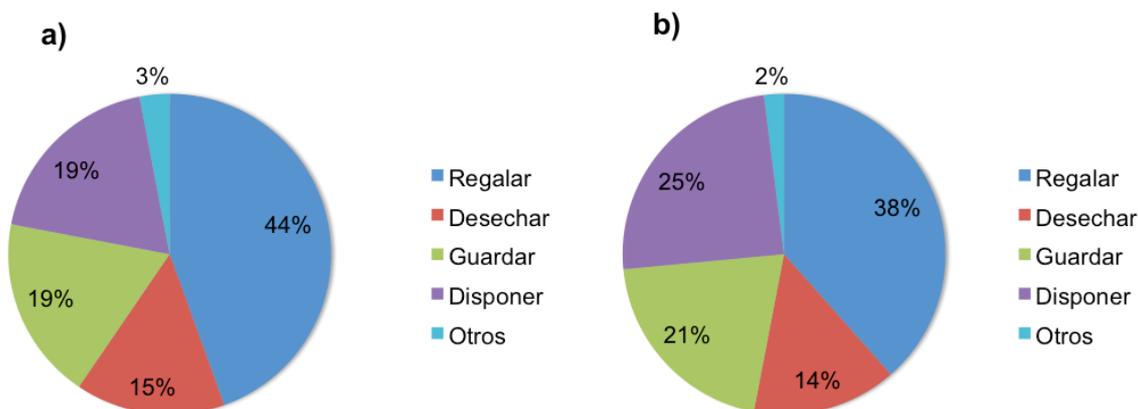


Fig.2. a) Personas encuestadas en la localidad de Usaqué. 89 personas de los 200 encuestados regalan los computadores y/o periféricos, 30 los desechan, 37 los guardan, 38 los disponen en un punto de recolección y 6 los venden. b) Personas encuestadas en la localidad de Chapinero, 77 regalan los computadores y/o periféricos, 29 los desecha, 41 los guarda, 49 los disponen en un punto de recolección y 4 los venden.

Cabe resaltar que en total son 78 personas correspondientes al 19,5% que guardan los equipos cuando estos han finalizado su vida útil, por que caen en el error de pensar que el computador y/o periférico tiene algún valor económico representativo; mientras que 87 de las 400 (21,75%) personas encuestadas son diligentes en llevar estos residuos a un punto de acopio; de esas 87 personas 49 corresponden a la localidad de Chapinero (**Figura 2 b**) siendo mayor el número de individuos que optan por un punto de recolección.

Por otro lado, 66 personas de los 400 encuestados (16,5%) desecha los computadores y/o periféricos con los demás residuos domésticos, esto podría deberse a la falta de conocimiento de la existencia de programas encargados de la recolección de RAEE asociado a computadores, desinterés de trasladar los desechos a centros de acopio, además de la falta de consciencia a nivel medioambiental.

Finalmente, el 2,5% de las personas encuestadas (en Otros) optan por vender a recicladores informales los equipos que no son de utilidad en sus hogares, o sencillamente no han llegado al caso de que su equipo finalice la vida útil.

Es elevado el número de personas que no conocen campañas que se encarguen de la recolección de computadores y/o periféricos como lo muestra la figura 3 en donde el 79% (Usaquén) y el 71% (Chapinero) de encuestados omiten lo anterior, esto debido probablemente a como lo afirma el Dr. Carlos Hernández del Centro Nacional de Producción Más Limpia "a la reciente expedición de resoluciones en pro del medio ambiente, la 1512 para

computadores emitida en julio del año 2010, en donde se le informa al productor o al importador de este tipo de aparatos una serie de obligaciones dentro de las que se encuentra hacer la recolección selectiva y la gestión ambientalmente adecuada del residuo una vez el usuario lo desechara, dar inicio a ese tipo de recolección en el año 2011 y presentar resultados en el 2012, es decir, ciertamente tenemos un año de que la resolución se haya puesto realmente en práctica, es algo muy reciente, y por ser tan reciente la comunidad no la conoce, eso no quiere decir que no se hayan hecho esfuerzos significativos a la falta de publicidad por parte de entidades medioambientales”, sin embargo, el 21% y 29% restante conocen campañas que se encargan de recolectar estos residuos, dentro de las que se encuentran *Computadores para educar*, *Ecolecta*, *Ecocómputo*, campañas hechas a nivel municipal, entre otras.

¿Conoce usted alguna campaña que se encargue de recolectar estos residuos?

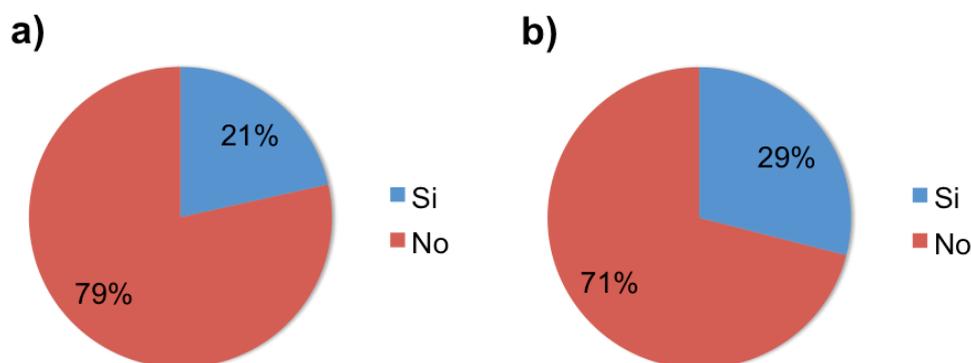


Fig.3. a) Localidad de Usaquén, 43 de los 200 encuestados conocen campañas que recolecten computadores y/o periféricos y 157 del total de encuestados desconocen dichas campañas. b) Localidad de Chapinero, 58 de los 200 encuestados conocen campañas recolectoras de RAEE asociado a computadores y 142 personas desconocen dichas campañas.

Se observa que en la localidad de Chapinero es mayor el número de personas que conocen campañas que recolecten los mencionados residuos, puesto que dicha localidad se caracteriza por la comercialización de computadores y/o periféricos.

Una de las campañas más grandes en el país encargada de la recolección de residuos de computadores y/o periféricos es *Ecocómputo* liderada por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), que en la capital cuenta con más de 14 puntos de recolección, facilitando al usuario, la disposición final de estos, sin embargo, al preguntarle a las personas si reconocen el logo de dicha campaña en las localidades de Usaquén y Chapinero el 96% y 80% respectivamente, respondieron no conocer tal logo (**Figura 4**), esto debido al recién lanzamiento de *Ecocómputo*, pues fue el 7 de mayo del 2012 cuando la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) aprobó el Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos

de Computadores y/o Periféricos denominado *Ecocómputo* (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales 2012).

¿Reconoce este logo?

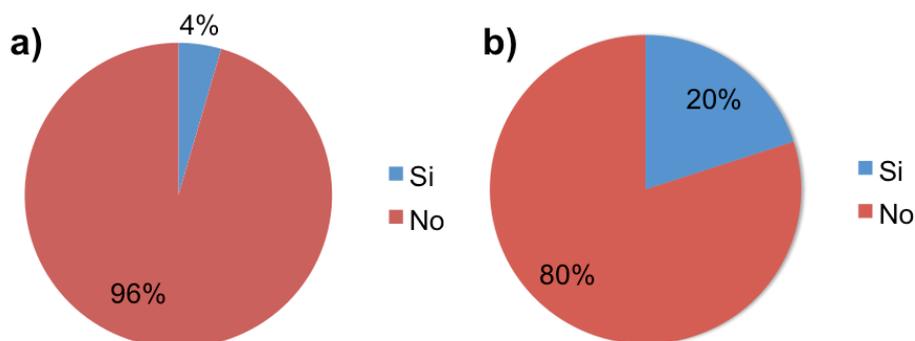


Fig.4. a) Localidad de Usaquén, 9 de los 200 encuestados conocen el logo de *Ecocómputo* y 191 del total de encuestados desconocen dicho logo. b) Localidad de Chapinero, 40 de los 200 encuestados el logo y 160 personas desconocen el logo de *Ecocómputo*.

El 59% del total de las personas encuestadas como lo muestra la figura 5, afirman conocer la obligación que tienen de retornar a un punto de acopio todo computador y/o periférico que haya finalizado su vida útil, sin embargo no la cumplen, ya que solo el 21,75% (**Figura 2**) de personas llevan estos residuos a un punto de acopio; esto debido a tres razones principalmente. La primera es el desconocimiento de campañas destinadas a la recolección de computadores justamente por la reciente creación de estas, seguido por el pensamiento de que aun cuando el computador y/o periférico termina su vida útil, este conserva algún valor económico representativo, y finalmente la obsolescencia percibida que como su nombre lo indica se percibe que el equipo es obsoleto frente a uno nuevo, aun cuando este siga siendo de utilidad.

¿Sabe que como consumidores tenemos la obligación de retornar a un punto de acopio todo computador y/o periférico que haya finalizado su vida útil?

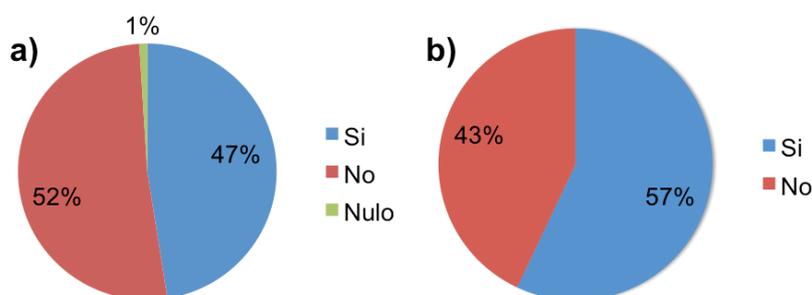


Fig.5. a) Localidad de Usaquén, 95 de los 200 encuestados saben la obligación que se tiene como consumidores, 103 personas desconocen dicha obligación y a los 2 restantes se anulo la pregunta. b) Localidad de Chapinero, 114 de los 200 encuestados saben que como consumidores es una obligación retornar a un punto de acopio todo computador y/o periférico que haya finalizado su vida útil y 86 personas desconocen dicha obligación.

6.2 ESTRATEGIAS DE CONTROL POR PARTE DE LAS AUTORIDADES AMBIENTALES INVOLUCRADAS EN LA RESOLUCIÓN 1512/10

Con el fin de dar cumplimiento al acuerdo 184 expedido en el 2008 el concejo de Bogotá, la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UESP); actores principales de mencionado acuerdo, quienes en ese entonces tenían la responsabilidad de la recolección, manejo y disposición de RAEE, optan por desarrollar el programa *Ecolecta*, inaugurado en marzo del 2009 y clausurado en diciembre del mismo año, con una duración de 9 meses. El programa consistía en ubicar varios puntos de recolección durante los últimos fines de semana de cada mes, en algunas grandes superficies como Carrefour (hoy Jumbo) o Éxito (Concejo de Bogotá 2008).

Ecolecta estaba dirigida a recoger computadores y televisores, pero luego en el 2010 con la expedición de las resoluciones 1512, 1511 y 1297, se estableció que las obligaciones de la recolección correspondían a los productores, proveedores y consumidores de Aparatos Electricos y Electrónicos (AEE) mas no a la autoridad ambiental, es por esta razón que *Ecolecta* dejo de laborar; a pesar de ello contribuyó a la concientización del ciudadano, porque se empezó a reconocer los puntos de recolección, y además sirvió para que entraran programas como *Ecocómputo*. Sin embargo, la resolución 1512/10 específicamente menciona en el capítulo III artículo 16, que las autoridades municipales y ambientales deberán apoyar los sistemas de recolección en tres aspectos:

- Promover las diferentes formas de reuso de computadores y/o periféricos.

- Informar a los consumidores sobre la obligación de separar los residuos de computadores y/o periféricos de los residuos sólidos domésticos para su entrega en puntos de recolección o mecanismos equivalentes.
- Apoyar el desarrollo de programas de divulgación y educación dirigidos a la comunidad y campañas de información establecidas por los productores (Hernández 2013, MAVDT 2010).

Las autoridades ambientales (MADS y SDA) por medio de sus canales de divulgación (comerciales de televisión, comerciales radiales, pagina web, entre otros) contribuyen a la difusión, promoción, publicidad, convocatoria, de las campañas de recolección existentes, desempeñando así su labor.

Por otro lado, el ANLA (si el sistema es colectivo) y el MADS (si el sistema es individual), son los entes encargados de controlar el cumplimiento de las obligaciones estipuladas en la resolución, mediante el seguimiento y monitoreo de informes mensuales, en donde se especifica los equipos vendidos (referencia, fecha de venta, datos del comprador, número de unidades vendidas, peso de unidades vendidas), equipos recolectados (descripción, cantidad, promedio de peso neto unitario y suma de peso de las unidades devueltas) informe de equipos reacondicionados (descripción, guía, análisis de reacondicionamiento, cantidad, promedio de peso unitario, suma de peso total de unidades devueltas) relación del ingreso de equipos al centro de acopio, cumplimiento de metas (Tovar 2013).

6.3 APORTES QUE REALIZAN LOS POSCONSUMIDORES AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN SELECTIVA Y GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS

El concepto de posconsumo en Colombia surge a partir de la expedición de la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos, y del decreto 4741 de 2005 en donde no solo establece los lineamientos hacia una gestión integral de los residuos peligrosos, sino que menciona los actores dentro de la cadena de valor estableciendo unos roles y unas responsabilidades a dichos actores, bien sea institucionales o bien sea personas naturales; se debe hacer una gestión integral de los residuos peligrosos que se generen en desarrollo de las actividades humanas, ya sea procesos productivos y/o servicios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2005, Erazo E 2013).

Los programas de posconsumo se rigen por tres objetivos:

- ✓ Los residuos de posconsumo sean debidamente separados de los residuos ordinarios y manejados de forma ambientalmente adecuada.
- ✓ Los materiales que componen los residuos posconsumo puedan ser reciclados, aprovechados o valorizados por empresas que cumplan con la normatividad ambiental vigente.

- ✓ Los consumidores asuman comportamientos y hábitos de consumo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2013).

Es de gran importancia aclarar que actualmente hay tres tipos de posconsumidores, en primer lugar están los posconsumidores que gestionan la recolección selectiva de residuos de computadores y/o periféricos, en segundo lugar los posconsumidores que manejan residuos de computadores y/o periféricos y finalmente los posconsumidores informales.

La gestión de recolección selectiva de residuos de computadores y/o periféricos es llevada a cabo por el MADS, por un programa de la ANDI llamado “*Ecocómputo*” y “*Computadores para Educar*”.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha venido implementando una estrategia con el fin de evitar la inadecuada disposición final de los residuos de computadores y/o periféricos con los residuos de origen doméstico, dicha estrategia involucra, como elemento fundamental, el concepto de responsabilidad extendida del productor, en el cual los fabricantes e importadores de productos son responsables de establecer canales de devolución de residuos posconsumo, a través de los cuales los consumidores puedan devolver dichos productos cuando estos se convierten en residuos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

Otro de los sistemas de gestión es “*Ecocómputo*” que nace como una respuesta a la iniciativa del Gobierno Nacional de impulsar la responsabilidad social corporativa en Colombia. Liderado por la ANDI, “*Ecocómputo*” es un colectivo sin ánimo de lucro, basado en el instrumento de cooperación, en donde se formalizo alianzas de firmas privadas, dentro de las que se encuentran productoras, fabricantes, importadoras, distribuidoras, y/o comercializadoras de computadores y/o periféricos, representando aproximadamente más del 52% del mercado nacional, dicho colectivo se encuentra actualmente en su segundo año de gestión, originalmente inicio en Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla y hoy en día se encuentra en 9 departamentos del país (**Figura 6**) con una recolección cerca de las 850 toneladas de residuos eléctricos y electrónicos que antes iban a parar a las fuentes de agua, o a los rellenos sanitarios en el mejor de los casos, o a cualquier lote y eso generaba procesos de contaminación, afectando a la salud humana y al medio ambiente. Este programa busca reusar, reciclar y disponer los residuos tecnológicos que están en desuso o han sido desechados, con el fin de disminuir el impacto medio ambiental (Erazo 2013).



Fig.6. Cubrimiento de “*Ecocómputo*” en el país

Fuente: folleto divulgativo “*ecopunto*” 2013

Dentro de las campañas de divulgación se encuentran folletos, volantes, adhesivos y saltarines que incentivan al consumidor a llevar a un punto de acopio (Ver anexo 2 y 3 **Figuras 7-11**) todo computador y/o periférico que haya finalizado su vida útil.

Por otro lado, “*Computadores para educar*” es un programa gubernamental, integrado por la Presidencia de la República, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), el Ministerio de Educación Nacional y el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), para promover el desarrollo equitativo y sostenible en Colombia, al alcance de las comunidades educativas, casas de la cultura y bibliotecas de carácter público en el territorio nacional, mediante la entrega de equipos de cómputo y la formación a docentes para su máximo aprovechamiento (Computadores Para Educar 2013).

Desarrolla su gestión a través de centros de reacondicionamiento de equipos en desuso en las plantas de Bogotá, Cali y Medellín. Adicionalmente, en el 2007 creó el Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos (CENARE) para aprovechar y gestionar adecuadamente los residuos electrónicos exclusivos del programa. A partir de procesos de manufactura de computadores y equipos electrónicos que han sido catalogados como RAEE, se extraen los componentes que se utilizan para la construcción de kits de robótica educativa y estaciones de desarrollo, sin embargo, como lo afirma el Dr. Carlos Hernández del CNPML “*no todos los computadores que son donados se pueden reacondicionar, por lo que estos reciben el tratamiento habitual, que consiste en desmantelación y separación de materiales como metales, plásticos, vidrios, cobre, entre otros, y todo eso lo comercializan, normalmente a las empresas como Gaia Vitare y Lito Ltda.*” (Corredor 2010, Hernández 2013)

Dentro de los posconsumidores que realizan el manejo de RAEE asociado a computadores y/o periféricos se encuentran las empresas gestoras (**Tabla 5**).

Tabla 5. Empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos asociados a computadores y/o periféricos en Bogotá

EMPRESA	AUTORIZACIÓN	ACTIVIDAD	TIPOS DE RESIDUOS AUTORIZADOS
Lito Ltda.	655 de 2003 licencia ambiental Resolución 056 de 2004	Despiece y almacenamiento	Manejo de PCB y de bombillas de mercurio y sodio. Residuos de baterías, pilas y elementos de Cadmio, Níquel, Litio, Plomo pilas alcalinas, Residuos electrónicos y SAO (sustancias Agotadoras de la capa de ozono)
Gaia Vitare Ltda.	Ampliación Resolución 4147 de 2007 Resolución 1634 de 2004	Despiece y almacenamiento	Manejo de residuos electrónicos, eléctricos y de telecomunicaciones Residuos plásticos y filtros para aceite provenientes de actividades de lubricación automotriz, desechos de, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas, látex, resinas, entre otros. Residuos eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones, tubos fluorescentes y lámparas de mercurio
Lasea S.A	Resolución 3010 de 2005 Ampliación Resolución 933 de 2008	Recolección, transporte, almacenamiento y disposición final	Residuos plásticos y filtros para aceite provenientes de actividades de lubricación automotriz, desechos de, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas, látex, resinas, entre otros. Residuos eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones, tubos fluorescentes y lámparas de mercurio
Ataelemento Ltda.	Resolución 8356 de 2009	Almacenamiento, y aprovechamiento (desmantelamiento y despiece)	RAEE- A1180 del listado A del anexo 11 del decreto 4741 de 2005, de los cuales se exceptúan lámparas halógenas y gases refrigerantes
Computadores Para Educar- CENARE	Resolución 7253 de 2010	Almacenamiento, aprovechamiento y disposición final	RAEE (Computadores de escritorio, portátiles, equipos de impresión y procesamiento de imágenes, equipos de redes de datos y telecomunicaciones, equipos eléctricos para soporte de computadores) (A1180).

Fuente: *Secretaría de Ambiente 2011, ANDI*

Estas empresas se encargan del manejo, transporte, tratamiento y disposición final de RAEE como parte de su responsabilidad social empresarial.

Un ejemplo de lo anterior es la empresa C.I Recyclables en Cartagena la cual se dedica básicamente a realizar un manejo integral de excedentes industriales, excedentes generados por las empresas, instituciones, hogares (Ver anexo 3 **Figura 12**). Al hablar de manejo integral se hace referencia al

aprovechamiento de los residuos que se pueden reciclar, y la disposición final de los residuos peligrosos, que se generan en todas las empresas e industrias (Jaramillo 2013).

Estas empresas que efectúan el manejo de residuos están realizando un negocio verde definido como la actividad empresarial relacionada con producción de bienes o prestación de servicios que cumple con tres requisitos:

- Rentabilidad económica.
- Sostenibilidad ambiental.
- Socialmente equitativa.

El MADS tiene una oficina de negocios verdes y promueve la creación de empresas que resuelvan problemas ambientales (Uniminuto 2013, Erazo E 2013).

Finalmente los recicladores informales como los técnicos de reparación o recuperadores de oficio quienes adquieren este tipo de residuos por la compra de estos a consumidores (Ver anexo 3 **Figura 13**), reutilizando las partes funcionales y desechando las que no son de utilidad, o recuperando los metales preciosos y otros materiales de valor para su posterior reventa, un ejemplo claro sobre esto es en el caso de la extracción del cobre que parece ser el material de mayor interés para estos recicladores, debido a su alto precio y el hecho de que la mayoría de veces no resulta difícil su recuperación, ya que la practica mas común para recuperarlos es la incineración a cielo abierto del caucho que lo recubre (Ott 2008).

Y como lo afirma Juan Fernando Jaramillo Gerente de C.I Recyclabes *“El problema de los electrónicos no es en ningún momento procesarlos, el problema radica en procesarlos de una mala manera por el sector informal. Este sector que sin conocer los efectos que causan los componentes de los electrónicos, los desarman, los desagregan, los “procesan” como más fácil les parece; contaminándose ellos, la tierra, el agua, los vecinos, su familia, el sitio donde trabajan, porque no hay cuidado, y estos residuos tienen una cantidad de sustancias peligrosas, que al contacto con la piel, con el suelo o con el agua causan enfermedades muy serias. En esos residuos se encuentra cadmio, mercurio, plomo, berilio, pcb’s, una cantidad de materiales que normalmente el reciclador no sabe su ubicación, y que el común de la gente no sabe que ese tipo de sustancias están contenidas dentro de un electrónico, entonces al no conocer esa peligrosidad, la gente se expone, se contamina y se enferma”* (Jaramillo 2013).

En la Tabla 6 se evidencia los precios promedio de compra para las partes más comunes procedentes de computadores en desuso planteados por Uribe et al 2010.

Tabla 6. Precio de compra

TIPO DE MATERIAL	PRECIO DE COMPRA
Cobre	\$6.000/Kg
Tarjetas electrónicas con procesadores posteriores a Celeron	\$2.000/Unidad
Tarjetas electrónicas con procesadores anteriores a Celeron	\$10.000/Kg
Pantalla CRT	\$5.000-\$100.000Unidad*

*Saldos y remates Fuente: *Adaptación propia tomado de Uribe et al 2010*

6.4 RELACIÓN ENTRE MALA DISPOSICIÓN DE RAEE SALUD, MEDIO AMBIENTE Y MICROORGANISMOS

En la industria de productos eléctricos y electrónicos, los componentes metálicos se utilizan por sus propiedades como la resistencia a la fractura, conductividad térmica y eléctrica, su desempeño a altas temperaturas y su capacidad de reuso, minimizando la necesidad de extracción en minas, sin embargo, por la falta de conocimiento y aplicación de la normativa acerca del reciclaje de los RAEE, se aprovecha muy poco esta particular capacidad que poseen los metales (UNEP 2011).

Por otra parte, las prácticas no adecuadas por parte de los posconsumidores informales o malas técnicas utilizadas para el aprovechamiento de los RAEE en diferentes países en desarrollo va cada vez en aumento, generando daños ambientales en los ecosistemas y comunidades que se ubican en las áreas aledañas donde se realizan estas actividades. Estas sustancias peligrosas involucran en su mayor parte metales pesados como mercurio, cadmio, plomo, níquel, entre otros; componentes halogenados como policloruros de bifenilo (PCB), clorofluorocarbonados (CFC) y retardantes de llama como pentabromofenoles, polibromofenilos (PBDEs), tetrabromo-bifenol-A, que son de alto riesgo para la salud humana y para la fauna y flora que se alojan en los lugares afectados (MADS 2009).

La Tabla 7 muestra detalladamente las sustancias peligrosas contenidas en los RAEE asociado a computadores y/o periféricos, su ubicación en estos y el impacto perjudicial cuando se les da una mala disposición:

Tabla 7. Presencia de sustancias en determinados tipos de RAEE. Ofrecido por el Instituto Federal Suizo de Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías (EMPA)

MATERIAL	UBICACIÓN	DAÑOS PARA LA SALUD HUMANA	DAÑOS PARA EL MEDIO AMBIENTE
Ignífugos bromados o retardante de llama bromados (BFR)	Circuitos electrónicos, plásticos	Cancerígenos y neurotóxicos; pueden interferir con la función reproductora. A temperaturas bajas libera sustancias tóxicas como las dioxinas que pueden conducir a trastornos hormonales severos.	En los vertedores son solubles, en cierta medida volátiles, bioacumulativos y persistentes. Al incendiarlos generan dioxinas y furanos.
Cadmio	Baterías recargables de computadores portátiles, en la CPU: tableros de circuito, interruptores y tubos catódicos antiguos.	Posibles efectos irreversibles en los riñones; provocan cáncer o inducen a la desmineralización ósea, La exposición aguda a cadmio causa síntomas similares a la gripe: debilidad, fiebre, dolor de cabeza, escalofríos, sudoración y dolor muscular.	Bioacumulativo, persistente y tóxico para el medio ambiente
Cromo	En el acero como anticorrosivo. Teclado	La mayoría de los compuestos de cromo (VI) irritan los ojos, la piel y las membranas mucosas. La exposición crónica a compuestos de cromo (VI) puede causar daños permanentes en los ojos, si no se trata adecuadamente. El cromo VI también puede causar daños en el ADN también Provoca reacciones alérgicas; en contacto con la piel, es caustico y genotóxico,	Las células lo absorben muy fácilmente; efectos tóxicos
Plomo	Materia prima para la construcción de monitores.	Altos niveles de plomo pueden causar vómitos, diarrea, convulsiones, coma o incluso la muerte. Otros síntomas son la	Acumulación en el ecosistema; efectos tóxicos en la flora y fauna y los

	<p>Baterías de plomo-ácido, componentes electrónicos, cables, revestimientos en el vidrio de tubos de rayos catódicos. Monitor: Soldaduras internas y cubiertas para cables.</p>	<p>pérdida de apetito, dolor abdominal, estreñimiento, fatiga, insomnio, irritabilidad, dolor de cabeza y posibles daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular; también en los riñones</p>	<p>microorganismos</p>
Níquel	<p>Baterías recargables y pistola de electrones en los monitores TRC</p>	<p>Puede afectar a los sistemas endocrinos e inmunológico, a la piel y a los ojos</p>	<p>Toxico para las plantas</p>
Mercurio	<p>Monitores de pantalla plana: Sistemas de iluminación, en la CPU: Interruptores y cubiertas</p>	<p>Posibles daños cerebrales y hepático si se ingiere o se inhala.; impactos acumulativos</p>	<p>Disuelto en el agua, se va acumulando en los organismos vivos</p>
Selenio	<p>CPU: Rectificador de suministro de energía</p>	<p>La exposición a altas concentraciones de selenio causa selenosis. Los principales signos de selenosis son la pérdida del cabello, uñas quebradizas y anormalidades neurológicas (como entumecimiento y otras sensaciones extrañas en las extremidades).</p>	<p>Biomagnificación</p>

Cloruro de polivinilo (PVC)	Cableado	Suele ser muy peligroso por su contenido de hasta un 56% de cloro, que al quemarse produce grandes cantidades de gas cloruro de hidrógeno, el cual se combina con agua para formar ácido clorhídrico, que al inhalarse puede ser peligroso y causar problemas al sistema respiratorio.	Disuelto en el agua, se va acumulando en los organismos vivos
Bifenilos policlorados (PCBs)	condensadores y transformadores	Posibles daños cerebrales y hepático si se ingiere o se inhala.; impactos acumulativos	En animales causa alteraciones en el sistema inmunológico, sistema reproductivo, sistema nervioso, sistema endocrino, incluyendo cáncer. Persistente en el medio ambiente y bioacumulativo
Clorofluoro carbonos (CFC)	Unidades de refrigeración	Aumento en la incidencia de cáncer de piel en los seres humanos.	Se acumula en la estratosfera y tiene efecto perjudicial sobre la capa de ozono, daño genético en muchos organismos.

Dioxinas y furanos	-	Bioacumulacion en el cuerpo y puede llevar a malformaciones del feto, disminucion de la reproduccion y las tasas de crecimiento y provocan el deterioro del sistema inmunológico entre otras cosa	bioacumulan en el cuerpo y puede llevar a malformaciones del feto, disminucion de la reproduccion y las tasas de crecimiento y provocan el deterioro del sistema inmunológico entre otras cosa
Cobalto	Acero para estructura y magnetividad	Toxico	Toxico
Silicio	Chips, memorias, procesadores,	Produce silicosis	Reacciones en el agua, aire y suelo
Oro	Terminales de contacto de las tarjetas (memoria RAM, video...)	Toxico	Hidrocarburo, metales pesados. Acidificación de los cuerpos de agua causando la muerte de ecosistemas.
Plata	Une la placa del microprocesador del disipador. Teclado	Toxico	Toxico
Cobre	Cableado y pistas de tarjetas, a veces en disipadores	Toxico	Emisión de hidrocarburos

Fosforo	Monitor	En contacto con la piel provoca quemaduras, necrosis de la mandíbula.	Emisión de vapores tóxicos.
Aluminio	Parte estructural de todo el computador	Toxico	Bioacumulativo, toxico para las plantas
Antimonio	Recubrimiento de cables	Irritación de ojos y pulmones, problemas respiratorios, de corazón y de estomago	Bioacumulativo, toxico para la flora y fauna
Berilio	Cajas de suministro eléctrico (Fuentes de poder)	Cáncer de pulmón. Beryllicosis: enfermedad que afecta principalmente a los pulmones. La exposición al berilio también causa enfermedad a la piel caracterizada por una mala cicatrización de las heridas y verrugas.	Toxico
Bario	Tubos de rayos catódicos (TRC)	Inflamación cerebral, debilidad muscular, daño al corazón, al hígado y al bazo.	Estudios en animales indican cambios negativos en el sistema cardiovascular.
Arsénico	Pequeñas cantidades entre los diodos emisores de luz, en los procesadores de las pantallas de cristal líquido LCD	Enfermedades crónicas de la piel y disminuir la velocidad de conducción nerviosa. Cáncer de pulmón y a menudo puede ser fatal.	Envenenamiento de fauna

Fuente: Adaptación propia. *Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje 2013,*

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, son muchos los métodos que se llevan a cabo en el mundo para la gestión integral de los RAEE en términos de su aprovechamiento y disposición final para evitar que se llegue a los daños nombrados en la tabla 7, dentro de los cuales encontramos el reúso, el cual involucra en muchos casos el reacondicionamiento de estos, reciclaje manual y mecánico, entre otros. Sin embargo, de un tiempo para acá los procesos biológicos están jugando un papel importante en los tratamientos del sector metalúrgico y químico, pues existe un amplio campo de acción en cuanto a la degradación de metales sintéticos y en el tratamiento de residuos que contienen metales y subproductos. En este sentido, un enfoque hecho por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), plantea que la biotecnología, integrada a dicho proceso se ha propagado y ha sido ampliamente aceptada. Esta aunque aún compite con algunos procesos físico-químicos por cuestiones de costos, ofrece la característica de usar microorganismos en procesos ya existentes y sustituir procesos industriales (OECD 2001, Brandl et al 2006).

Por lo tanto los microorganismos juegan un papel muy importante puesto que son una opción en primer lugar para la recuperación de metales pesados evitando la quema de caucho a cielo abierto y en segundo lugar para la remoción de metales. Un ejemplo claro del rol que cumplen los microorganismos dentro de este sector, se observa en los estudios realizados por Shah A *et al* 2013, al demostrar la capacidad de gran variedad de microorganismos (bacterias, hongos, actinobacterias y archeas) para degradar el caucho. Bajo condiciones controladas evaluaron la disminución del porcentaje en peso de varios tipos de caucho: natural, sintético y sintético vulcanizado; los resultados mostraron que para el caucho natural la mayoría de microorganismos capaces de utilizar el polímero como fuente de carbono y así descomponerlo considerablemente eran actinomicetos (Ver anexo 4 **tabla 9**), no obstante, la máxima degradación del caucho por *Bacillus sp* fue a una temperatura óptima de 35-40°C por 28 días (Ver anexo 4 **figura 14**). Con respecto al caucho sintético, se evidenció un mayor porcentaje de remoción siendo del 75 y 100 % (peso / peso) después de 2 y 8 semanas de incubación, respectivamente para *Nocardia sp*, de igual forma la biodegradación de caucho vulcanizado también es posible, aunque es difícil debido a la interrelación de la cadenas de poli (cis - 1,4 - isopreno), los polímeros de caucho pueden ser desvulcanizados por la actividad metabólica y enzimática de microorganismos aerobios y anaerobios (Shah A et al 2013).

Con respecto a la remoción de metales, el papel de los microorganismos ha sido bien documentado en muchos casos como por ejemplo, la función que estos cumplen en la movilidad y disolución de iones metálicos en la formación de drenajes ácidos de minas (DAM) a través de los procesos de óxido-reducción y en ocasiones la precipitación por transformación de los metales a un estado diferente como óxidos, hidróxidos y sulfatos (Lee et al 2012).

Este es el mismo principio aplicado para la biolixiviación, que se basa en un proceso de disolución natural, donde un grupo de microorganismos (acidófilas,

ferro y sulfooxidantes) tienen la habilidad de oxidar minerales sulfurados, permitiendo la liberación de los iones metálicos contenidos en ellos, obteniendo como producto una solución acida que contiene el metal en su forma soluble. De acuerdo a esto han sido reportadas algunas investigaciones, acerca de la biolixiviación de residuos electrónicos con presencia de metales como cobre, hierro, níquel y metales preciosos tales como plata, oro paladio, etc.; usando bacterias del género *Acidithiobacillus* sp y termófilos; y hongos como *Aspergillus niger* y *Penicillium simplicissimum* (Brandl et al 2001).

Para la recuperación de oro de los RAEE, se describen estudios con bacterias cianogénicas como *Cyanobacteria violaceum*, *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas plecoglossicida*, por su capacidad de producir cianuro en su metabolismo y la capacidad de este cianuro de formar definidos complejos con algunos metales como plata, oro y platino, mostrando una buena solubilidad y alta estabilidad, como lo indican Brandl et al (2008), cuando evaluaron el potencial de estos microorganismos para solubilizar metales a partir de RAEE, y observaron la movilización biológica de metales como plata, oro y platino al formar complejos de cianuro en condiciones alcalinas (Brandl et al 2008).

Acidithiobacillus ferroxidans por su parte, ha sido de los microorganismos más reportados en literatura por su capacidad de realizar la biodisolución de metales, en especial del cobre, que es el principal constituyente de las placas de circuito impreso (PCBs) utilizadas en electrónica. Ejecuta el mecanismo similar al que hace con los sulfuros de metal; hace una lixiviación del cobre, mediante la reacción de oxidación de Fe^{3+} , para convertir el cobre metálico a su estado cúprico que es termodinámicamente favorable (Lee et al 2012).



Lo que indica que la adición de iones ferrosos, junto con el inoculo bacteriano (mesofilos y termófilos) jugarían un papel crucial en la lixiviación de metales pesados provenientes de RAEE, como lo realizo Brandl et al. (2001) cuando recupero metales a partir de polvo proveniente de la trituración de desechos electrónicos mediante este proceso.

A continuacion en la Tabla 8 Lee y Pandey 2012 en su revisión sobre el bioprocesamiento de residuos solidos y recursos secundarios para la extraccion de metales, confirman de manera solida como los RAEE requieren de unos procedimientos independientes para obviar el problema medioambiental y que el bioprocesamiento mediante microorganismos representa un mecanismo que necesita bajo nivel de energia, es una tecnologia limpia y de bajo costo en relación con algunas tecnicas convencionales de tratamiento de residuos, teniendo en cuenta que de los componentes mas valiosos en metales que se encuentran en las computadoras de desecho estan contenidos en las placas de circuito impreso (PCBs), por lo cual son las mas utilizadas en el proceso de biolixiviacion de metales.

Tabla 8. Bioprocesamiento de equipos electronicos usados (Lee y Pandey, 2012)

TIPO Y ORIGEN DE LOS RESIDUOS/POR PRODUCTO	ESPECÍFICO	MICROORGANISMO UTILIZADO	EFICIENCIA DE LA LIXIVIACIÓN (%) Y CONDICIONES	TIPO DE REACTOR	REFERENCIAS
Fragmentos de residuos de PCB		(1) <i>A. ferroxidans</i> y <i>A. thiooxidans</i>	90% Al, Cu, Ni y Zn en 0.5 – 10 g/L de pulpa en etapas de 7 y 10.	Tanque agitado	Brandl et al. (2001)
		(2) <i>A. ferroxidans</i> y ácido cítrico	37% Cu con adición de 7g/L Fe (II) y 80% en presencia de ácido cítrico.		Choi et al. (2004)
		(3) <i>A. niger</i> y <i>P. simplicissimum</i>	Recuperación 100% del metal en 100g/L de pulpa con Acido gluónico.		Brandl et al (2001)
PCBs		<i>A. ferroxidans</i> , <i>A. thiooxidans</i> y un cultivo mixto.	99 -99.9% Cu con el cultivo mixto en 7.8 g/L de pulpa en 9 días, 88.9 % Cu, Pb y Zn en 5 días.	Tanque agitado	Wang et al (2009)
Desechos de PCB		(1) <i>A. ferroxidans</i> y 6.66g/L Fe (III)	98% Cu en 24h en un pH 1.5 con 100% de inculo. Sin inculo removi6 72% de Cu.	Tanque agitado	Yang et al (2009)
Desechos PCB de chatarra electrónica		(2) <i>Acidithiobacillus</i> sp. Y <i>Leptospirillum</i> sp	100% Cu y Ni, en 42 días con 10 g/L de pulpa, 1.5 pH en presencia de 4.5 gL Fe (II) y 10g/L de S		Vestola et al (2010)
Muestra de residuos de PCB		(1) <i>Sulfobacillus thermosulfidooxidans</i> y <i>Acidophilic heterotroph</i>	89% Cu, 81% Ni, 83% Zn, 79% Al en 10g/L de pulpa por 18 días.	Tanque agitado	Ilyas et al (2007)
		(2) <i>S. thermosulfidooxidans</i>	86% Cu, 74% Ni, 80% Zn, 64% Al, con pre lixiviación de ácido	Reactor de columna	Ilyas et al (2007)

		<i>and Thermoplasma acidophilum</i>	(27 días) Durante 280 días.		
Residuos chatarra electrónica (metales preciosos Ag y Pt)	de	(1) <i>Cyanobacterium violaceum</i>	14.9% Au en 7 días a una baja densidad de pulpa.	Tanque agitado	Faramarzi et al (2004)
		(2) <i>C. violaceum, P. fluorescens y P. plecoglossicida</i>	68.5% Au en 7 días. Baja movilización de Ag y baja recuperación de Pt.		Brandl and faramarzi (2006) Brandl et al (2008), kita et al. (2006)
Desechos de teléfonos móviles	de	<i>C. violaceum</i>	13% Au y 37% Cu en 8 días con 100 g/L de pulpa.	Tanque agitado	Chi et al (2010)
Desechos electrónicos		<i>Desulfovibrio desulphuricans</i> para recuperar Au, Pd y Cu de licor de nitratos.	Alta recuperación de Au en polvo y 95% de Pd en pH 5.		Creamer et al (2006)

Fuente: *Elaboración propia.*

7. CONCLUSIONES

El 100% de las empresas entre productoras y proveedoras, mencionadas en el presente estudio conocen y cumplen las obligaciones estipuladas por la resolución 1512/10.

De los 400 individuos encuestados, el 59% afirman conocer la obligación que se tiene de retornar a un punto de acopio todo computador y/o periférico que haya finalizado su vida útil, sin embargo, solo el 21,75% de personas llevan estos residuos a un punto de acopio.

Los posconsumidores formales son los encargados del manejo de los residuos de computadores y/o periféricos, favoreciendo a la formación de negocios verdes contribuyendo al cierre del ciclo de valor de los RAEE asociado a computadores y periféricos.

La mala disposición de los RAEE asociado a computadores y/o periféricos trae consecuencias a la salud, desde irritación de ojos hasta cáncer de piel y pulmón y al medio ambiente causando la muerte de flora y fauna.

Una de las alternativas novedosas para la disminución del impacto ambiental causado por la mala disposición de computadores y/o periféricos es el empleo de microorganismos (hongos, bacterias, archeas, actinobacterias) como alternativa de biorremediación, en la degradación de caucho y recuperación de metales pesados.

8. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar encuestas en otras localidades de la ciudad con el fin de observar el comportamiento de los consumidores y el impacto que se ha generado por las campañas encargadas de la recolección de RAEE asociado a computadores y/o periféricos.

Sería importante realizar una comparación a futuro de los resultados obtenidos, para verificar el progreso en cuanto a los avances del programa colectivo e individual, en la recolección de computadores y/o periféricos, además de evaluar el cumplimiento de la resolución a nivel nacional, ya que, hoy en día el uso de aparatos electrónicos es más alto.

Valdría la pena que la Alcaldía Mayor de Bogotá junto con el Ministerio del medio ambiente realizara campañas para los recicladores informales generando empleo.

Se hace una sugerencia a la campaña “*Ecocomputo*” (ANDI) de realizar recolecciones en colegios privados, con el fin de concientizar al estudiantado sobre problemas ambientales causados por la mala disposición de computadores y/o periféricos.

Se sugiere implementar este tipo de iniciativas con la Política Nacional de Educación Ambiental (2012) con los diferentes PRAE (Proyecto Ambiental Escolar), PROCEDA (Proyecto Ciudadano en Educación Ambiental) y PIGA (Proyecto en Gestión Ambiental Empresarial).

El ministerio de ambiente debería potenciar el uso de sus canales de comunicación para la realización de campañas masivas para concientizar a los ciudadanos del daño que causa a la salud y al ambiente la mala disposición de RAEE.

Se sugiere una revisión bibliográfica referente a microorganismos degradadores de material plástico involucrado en la elaboración de computadores.

9. BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (2012) Resolución 0303 mayo 07 2012 “Por la cual se aprueba un sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras determinaciones”

ANLA (2013) Términos de referencia para la formulación de sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos. Computadores Y/O periféricos. Bogotá

Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje (2013) La gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Guía dirigida a autoridades locales y regionales, *Jean-Pierre Hannequart* Bruselas – Bélgica. <http://raee.org.co/asociación-de-ciudades-y-regiones-para-e> consultado agosto 26 2013 *Documento en línea*

Ávila R, Jaramillo JF (2013) Recomendaciones para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos **RAEE** en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

Brandl H, Bosshard R, Wegmann M (2001) Computer-munching microbes: Metal leaching from electronic scrap by bacteria and fungi: *Hydrometallurgy. Process Metallurgy* 59(2):319-326

Brandl H, Faramarzi MA (2006) Microbe-metal-interactions for the biotechnological treatment of metal-containing solid waste. *China Particuology* 4(2):93-97

Brandl H, Lehmann S, Faramarzi MA, Martinelli D (2008) Biomobilization of silver, gold, and platinum from solid waste materials by HCN-forming microorganisms. *Hydrometallurgy* 94(11):14-17

Computadores Para Educar (2013) <http://www.computadoresparaeducar.gov.co/inicio/>. Consultado Noviembre 8 2013. *Documento en línea*

Concejo de Bogotá, Secretaria Distrital de Ambiente, Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos (2008) Acuerdo 184 “por medio del cual se ordena incluir en la ruta de reciclaje los desechos electrónicos domiciliarios”.

Corredor M (2010) El Sector Reciclaje en Bogotá y su Región: Oportunidades para los Negocios Inclusivos. Serie guías sectoriales N°2 FUNDES

Corporación Universitaria Minuto de Dios (2013) Negocios verdes: Una propuesta inteligente, rentable y sostenible de hacer negocios

<http://www.uniminuto.edu/documents/39751/1000002301423/Convocatoria%20Concurso%20Bicentenario%20UNIMINUTO%202013.pdf> Consultado noviembre 5 2013 *Documento en línea*

DANE (2007) Encuesta de calidad de vida Bogotá 2007 Viviendas, hogares y personas, según localidad. http://buscador.dane.gov.co/search?q=poblacion+localidad+usaquen&client=DANE_FrontEnd&output=xml_no_dtd&proxystylesheet=DANE_FrontEnd&sort=date%3AD%3AL%3Ad1&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&exclude_apps=1&site=danegovco Consultado Julio 6 2013 *Documento en línea*

Diario oficial de la Unión Europea (2012) Directiva 2012/19/UE del parlamento europeo y del consejo sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Directiva 2012/19/UE del parlamento europeo y del consejo

Editorial Vértice. (2007). *Gestión medioambiental: manipulación de residuos y productos químicos*. Editorial Vértice

EMPA/Centro Nacional de Producción mas Limpia (2009) Ventas de computadores en Colombia. <http://raee.org.co/ventas>. Consultado Julio 6 2013 *Documento en línea*

Erazo E (2013) Director “*Ecocómputo*” Asociación Nacional de Empresarios de Colombia Comunicación personal. Comunicación personal Octubre 23 2013 *Documento en línea*

Hernández C (2013) Coordinador proyecto RAEE en Colombia. Centro Nacional de Producción Más Limpia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) Comunicación personal Octubre 22 2013.

Hong Y, Valix M (2013) Biobleaching of electronic waste using acidophilic sulfur oxidising bacteria. *Cleaner Production* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.043> *Documento en línea*

Jaramillo JF (2013) Gerente de C.I Recyclables S.A Comunicación personal Septiembre 18 2013.

Lee J, Pandey BD (2012) Bio-processing of solid wastes and secondary resources for metal extraction: A review. *Waste Manage* 32(1):3-18.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2005) Decreto 4741 Diciembre 30 2005 “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2005) Política Ambiental para la Gestión Integral de residuos o Desechos Peligrosos.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013) Sistemas de Recolección Selectiva de forma individual http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosGestion/programas/po_sconsumo/270613_sist_reco_computadoras.pdf consultado julio 6 2013 *Documento en línea*

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Resolución 1512 Agosto 05 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”

Mora G (2012) Lineamientos para la incorporación de la gestión ambiental en las prácticas de producción, comercialización, consumo y pos consumo de computadores y periféricos en Colombia. Tesis

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2001) The application of biotechnology to industrial sustainability. Paris: OCDE Publication Service

Ortiz O (2013) Colaboradora “*Ecocómputo*” Asociación Nacional de Empresarios de Colombia Comunicación personal Septiembre 27 2013

Ott D (2008) Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia - Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares, Bogotá

Permanyer O (2013) Situación e Impacto de los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) Caso de Estudio: los Ordenadores. Universidad Politécnica de Barcelona

Shah AA, Hasan F, Shah Z, Kanwal N, Zeb S (2013) Biodegradation of natural and synthetic rubbers: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 83: 145-157

Silva, U. (2009) Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos en América Latina. Ediciones Sur, Chile, p297

StEP. (2005) Solving the e-waste problem: a synthetic approach (StEP), Draft Project Document. <http://step.ewaste.ch> Consultado Agosto 26 2013 *Documento en línea*

Tovar L (2013) Gerente de Megashop TV Comunicación personal. Comunicación personal Septiembre 19 2013

UNESCO (2010) Los residuos electrónicos: Un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe. <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001900/190020s.pdf> Consultado Agosto 26 2013 *Documento en línea*

Uribe L, Rodriguez M, Hernandez C, Ott D (2010) Manejo de los RAEE a través del sector informal en Bogotá, Cali y Barranquilla EMPA

UNEP (2011) Recycling rates of metal: A status report.

Yang X, Sun L, Xiang J, Hu S, Su S (2013) Pyrolysis and dehalogenation of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. *Waste Management* 33: 462-473

10. ANEXOS

Anexo 1. Calculo de número de personas encuestadas

Se realizó un muestreo aleatorio simple con un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 5%; teniendo en cuenta la sumatoria del número de personas en cada localidad reportada por el DANE (552.663) y con base en la siguiente formula se calculó el tamaño muestral.

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{ep^2} \quad (2)$$

Dónde:

Z = Factor probabilístico dado por el nivel de confianza a trabajar.

ep=Error máximo permitido (describe que tan reproducibles son las mediciones).

p = Proporción (describe la relación entre magnitudes).

q = Complemento de p.

n = Tamaño de la muestra.

Anexo 2. Material publicitario “Ecocómputo”

Folleto publicitario de Ecocómputo

The image shows two pages of a flyer for 'Ecocómputo'. The left page features the 'EcoCómputo' logo at the top, which consists of a globe with a recycling symbol. Below the logo, there is a green box with white text stating: 'Somos un colectivo empresarial sin ánimo de lucro, compuesto por compañías del sector tecnológico, comprometidas con el desarrollo sostenible del país.' Below this, there is a paragraph: 'Hemos asumido nuestra responsabilidad de reunir, recibir y disponer de los residuos tecnológicos que están en desuso o han sido desechados, por medio de nuestro sistema de Recolección Tecnológica y de Disposición Final Certificada.' Another paragraph follows: 'Invitamos a cada colombiano y a las empresas del país, a unirse a esta iniciativa reciclando los equipos de cómputo que han finalizado su vida útil. Nosotros gestionaremos su reacondicionamiento, mantendremos dentro del ciclo productivo o dispondremos seguramente de ellos, para reducir su impacto ambiental.' At the bottom of the left page, it says: 'Hagamos del reciclaje tecnológico una cultura y compromiso de todos.' The right page has a yellow background with a white box containing the text: 'Lleva a nuestros PUNTOS DE RECOLECCIÓN todos esos equipos de cómputo que tienes en tu casa u oficina, y que ya no utilizas, como:'. Below this, there is a list of items: 'Monitores', 'CPUs', 'Portátiles', 'Impresoras', 'Memorias externas', 'Scanners', 'Teclados y Mouse', and 'Lectores de CDs y DVDs'. Below the list, it says: '¡Estos también se pueden reciclar! Y nosotros nos encargaremos de su correcta disposición.' At the bottom of the right page, it provides contact information: 'Conoce cuál es tu PUNTO DE RECOLECCIÓN más cercano, comunicándonos al (571) 326 8500 Ext. 2449 o ingresando a www.ecocomputo.com'. At the very bottom of both pages, there are logos for 'ANDI', 'PROSPERIDAD PARA TODOS', and 'FENALCO', along with the text 'Una campaña con el apoyo de' and 'Gestores de reciclaje autorizados: D.L. RECYCLABLES SA, SPANWARE USA, LTR S.A.'.



El último
fin de semana
de cada mes,

recibiremos tus **equipos tecnológicos en desuso** en nuestro **PUNTO DE RECOLECCIÓN**, de este establecimiento.

¡Te esperamos!

Infórmate mejor en www.ecocomputo.com

Adhesivo, el cual se pega a la caja del producto



Saltarán, se pone al lado del computador y/o periférico en el almacén



Anexo 3. Evidencia fotográfica





Fig.9. Contenedor de reciclaje "Ecocomputo"



Fig.10. Personal "Ecocomputo", punto de recolección PANAMERICANA Calle 72

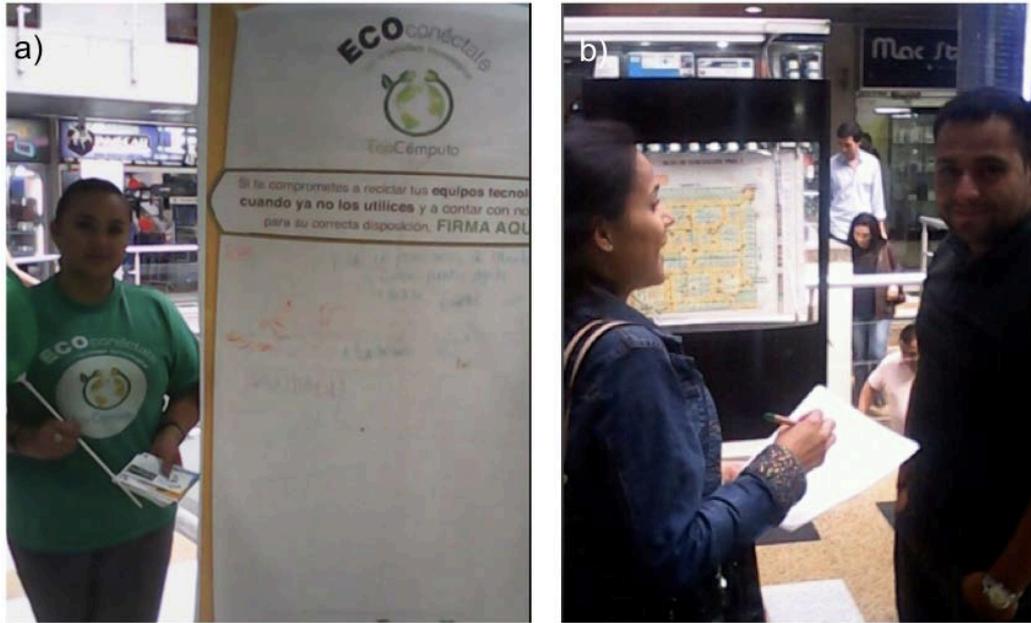


Fig.11. a) Personal "Ecoconéctate", punto de recolección Centro de Alta Tecnología. b) Realización de encuesta a consumidor localidad de Chapinero.



Fig.12. Centro de manejo de RAEE, Planta Recyclables



Fig.13. Reciclador informal

Anexo 4. Microorganismos degradadores de caucho

Tabla 9. Microorganismos degradadores de caucho

Tipo de caucho	Microorganismo	Genero
Natural	Actinobacteria	<i>Streptomyces</i>
		<i>Micromonospora</i>
		<i>thermomonospora</i>
	Bacteria	<i>Nocardia</i>
		<i>Actinomyces</i>
		<i>Gordonia</i>
		<i>Mycobacterium</i>
		<i>Corynebacterium</i>
		<i>Xanthomonas</i>
		<i>Bacillus</i>
Hongos	<i>Aspergillus</i>	
	<i>Penicillium</i>	
	<i>Fusarium</i>	
	<i>Cladosporium</i>	
	<i>Paecilomyces</i>	
Sintético	Actinobacteria	<i>Nocardia</i>
		<i>Streptomyces</i>
	Bacteria	<i>Moraxella</i>
		<i>Pseudomonas</i>
Sintético Vulcanizado	Hongos	<i>Bacillus</i>
		<i>Paecilomyces</i>
	Actinobacteria	<i>Streptomyces</i>
		<i>Rhodococcus</i>
		<i>Thiobacillus</i>
Bacteria	<i>Crenarchaeota</i>	
	<i>Sulfolobus</i>	

Fuente: *Shah et al 2013*.

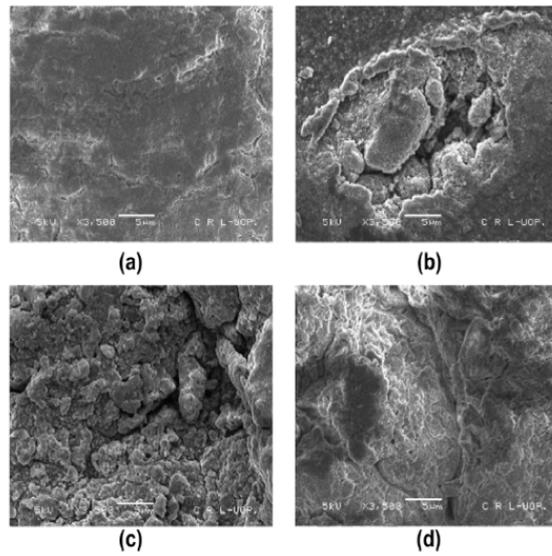


Fig.14. Micrografías electrónicas de barrido de piezas de neumáticos después del tratamiento con *Bacillus sp.* S-10 en medio de sal mineral durante 28 días a diferentes temperaturas. Las piezas de goma se lavaron con agua destilada esterilizada. (a) control abiótico, (b) erosión superficial y la formación de pozos después del tratamiento con la cepa S-10 a 25°C, (c) 35°C, (d) 40°C. Máxima degradación causada en el caucho dentro de los 35-40°C.

Fuente: *Adaptación propia de Shah 2013*.

RAEE Asociado a computadores y/o perifericos



Anexo 5. Modelo integral de RAEE asociado a computadores y/o periféricos.