

Factores influyentes en la generación de residuos de teléfonos móviles. Caso Colombia

Rising factors of mobile phones waste. Colombian case

Alejandro Ruiz⁰¹, Sandra Bautista⁰¹

RESUMEN

En el marco de las tecnologías de la información, la telefonía móvil ha tenido un crecimiento importante en la última década. Esto ha generado una renovación constante de las tecnologías que redundan en un descarte acelerado de los teléfonos móviles reduciendo su vida útil, con lo cual se incrementa la demanda de materias primas y la generación de residuos. En esta investigación, esta problemática es analizada desde los hábitos sociales y económicos de consumo, enfocando el estudio en las etapas de uso y descarte del teléfono móvil en Colombia. Este trabajo estudia la relación entre la adquisición de líneas celulares, la adquisición de teléfonos móviles, y la generación de residuos de teléfonos celulares. Asimismo, con el objetivo de conocer los aspectos influyentes en la adquisición de teléfonos móviles, se aplicó una encuesta virtual y se consultaron bases de datos históricas del mercado de teléfonos móviles en Colombia. Como principales resultados, se identificó que el ingreso per cápita, la concentración de mercado de la telefonía móvil y la percepción de inseguridad de los ciudadanos en Colombia, son aspectos determinantes en la compra de un teléfono móvil, promoviendo así la generación de residuos eléctricos y electrónicos de teléfonos móviles al cabo del final de su vida útil. CC BY-NC-SA Gestión y Ambiente (2016).

PALABRAS CLAVE: desechos electrónicos; teléfonos móviles; dispositivos obsoletos; elección del consumidor; patrones de uso.

ABSTRACT

In the context of information technologies, the mobile telephone had had an important growing in the last decade. This has generated a continue renovation of technologies and finally, in an increasing discard of mobile phones, shorting their life span. In this research it is analyze the problem since a perspective of social and economic habits of consumers, focusing the study in use and discard of mobile phones in Colombian case. This paper will study the link between subscribers of mobile telephones, acquisition of mobile phones and generation of Waste of Electric and Electronic Equipment (WEEE) of mobile phones after to be discarding by users. In order to know the aspects that affect the acquisition of mobile phones, it is carried out a virtual survey, and the consult of market of mobile phones databases in Colombia. As a result, this document identified the link between per capita incomes, market concentration of mobile telephone and insecurity perception of citizens in Colombia, are decisive aspects in the acquisition of a mobile phones. Besides, it is established the acquisition of mobile phones, and the generation of WEEE in Colombia in assessed time. CC BY-NC-SA Gestión y Ambiente (2016).

KEYWORDS: electronic waste; mobile phones; end-of-life devices; consumer choice; usage patterns.

1 Grupo de Investigación Agua y Desarrollo Sostenible, Universidad Central. Bogotá, Colombia. druizgaleano@gmail.com

Recepción: 24 de noviembre de 2015. Aprobación: 26 de agosto de 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/ga.v19n2.54355>

Introducción

En un mundo globalizado y en una era de las telecomunicaciones, la telefonía móvil como componente de las Tecnologías de Información y las Comunicaciones (TIC), influyen en el desarrollo y crecimiento económico de un país (Waverman et al., 2005). De esa manera, el teléfono móvil es usado como una herramienta para lograr una mejor conexión entre las personas y su entorno. Asimismo, la telefonía móvil es un servicio de comunicación sin ningún contacto físico, sino a través de ondas electromagnéticas. Considerando lo anterior, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han tenido una mayor demanda por parte de la población mundial, incrementándose la cantidad de suscriptores de telefonía móvil de 11 millones en 1990, 300 millones para 1998 (ITU, 1999) a 7,37 billones en 2016 (ITU, 2016a). En Colombia, desde que la telefonía móvil entró en operación, se reportan 2.256.801 suscriptores para el año 2000, 29.762.715 para el 2006 y 57.327.470 para el 2015 (ITU, 2016b).

Según Karjaluo et al. (2005) hay siete factores que influyen la adquisición de teléfonos móviles, siendo estos los servicios innovadores, multimedia, diseño, marca y propiedades básicas, influencia externa (opiniones de amigos, el vendedor y empleados), precio y confiabilidad. Los primeros dos factores son los aspectos más importantes que influyen la decisión de compra, mientras que los problemas técnicos son la primera razón para cambiar el teléfono móvil. Por lo tanto, las empresas fabricantes de teléfonos móviles mejoran continuamente las tecnologías de los dispositivos. Como resultado, se incrementan las ventas de teléfonos móviles, siendo su vida útil entre 12 y 24 meses, aun cuando los dispositivos podrían estar en servicio por los siguientes 10 años (Huang et al., 2008, citado por Paiano et al., 2013). En consecuencia, la producción de residuos electrónicos se incrementa, desperdiciando los materiales contenidos y aumentando los impactos ambientales negativos por inadecuada gestión de tales residuos (Ott, 2008).

La preocupación global sobre los residuos electrónicos está creciendo. Las Naciones Unidas (ONU) advierte sobre las consecuencias de la inadecuada gestión de estos tipos de residuos. Al respecto, la

ONU desarrolla un programa específico llamado "STEP" para investigar, desarrollar, construir estrategias e informar sobre los residuos electrónicos (Sinha-Khetriwal y Luepschen, 2013). Como resultado de los estudios del programa STEP, se concluyó que la basura electrónica es uno de los residuos de mayor crecimiento en el mundo, pasando de 19,5 millones de toneladas producidas en 1990 a 57,4 millones de toneladas producidas en 2010 (Huisman, 2012, citado por Step, 2014). En ese sentido, en el año 2008 la basura electrónica de los teléfonos móviles estimada en China fue de 77 millones de unidades (Yu et al., 2010) y 19.500 toneladas para el 2010 en Estados Unidos (USEPA, 2011). Los residuos electrónicos contienen algunos materiales valiosos, tales como metales preciosos que, si se trataran, podrían ser reciclados y agregados al ciclo productivo (Sinha-Khetriwal y Luepschen, 2013). Además, estos residuos contienen elementos peligrosos que pueden perjudicar el entorno biofísico y la salud humana, si su gestión se hace de manera inadecuada.

En ese sentido, la mayoría de las investigaciones sobre los impactos ambientales de los teléfonos móviles se enfocan en estimar la cantidad de residuos en unidades descartadas y masa total, considerando variables como el tiempo de vida útil, cantidad de ventas de dispositivos y número de líneas celulares por año en el país de estudio (USEPA, 2011; Lee et al., 2012). También, se ha estudiado el consumo energético de los teléfonos móviles a través de su ciclo de vida, teniendo en cuenta las etapas de extracción, fabricación y especialmente la etapa de uso (Yu et al., 2010; Paiano et al., 2013; Suckling y Lee, 2015). Asimismo, en algunas investigaciones se ha usado el *software* Simapro para cuantificar los principales impactos de la etapa de extracción y fabricación de los teléfonos móviles (Suckling y Lee, 2015; Yu et al., 2010). Para determinar el tiempo de vida de un teléfono móvil, se ha considerado el contexto de cada país donde el estudio se desarrolla (Yu et al., 2010; USEPA, 2011; Paiano et al., 2013).

Entre los principales factores que promueven la adquisición de teléfonos móviles señalados por Paiano et al. (2013), consideran: los incrementos en las adquisiciones de teléfonos móviles, incentivado por las innovaciones en los dispositivos, la reducción

en los precios de los teléfonos móviles, las estrategias de mercadeo de los operadores móviles y las condiciones de mercado para facilitar su adquisición, con lo cual el tiempo de vida útil promedio de un teléfono móvil se disminuye y puede variar de acuerdo al contexto de cada país. En ese sentido, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés) estimó que al cabo de dos años el 20% de los teléfonos móviles han sido descartados, luego de cinco años un 90% son descartados y después de 10 años la totalidad de los mismos han llegado a su fin de vida útil (USEPA, 2011).

Por otro lado, Paiano et al. (2013), consideran dos aspectos fundamentales que a menudo dependen del comportamiento de los usuarios al momento de realizar un análisis de sostenibilidad del teléfono móvil. El primero, es el consumo energético del teléfono móvil y accesorios relacionados. El segundo, es la relación contradictoria entre una desmaterialización causada por la reducción del tamaño del teléfono móvil, el consumo de recursos y la generación de residuos. Por lo tanto, estiman el consumo energético de acuerdo al tiempo de uso que el usuario hace del móvil y el consumo energético necesario para la fabricación de los teléfonos móviles vendidos en Italia, país donde se realiza el estudio. Asimismo, determinaron la generación de residuos teniendo en cuenta la cantidad de ventas (año) y el tiempo de vida útil de los dispositivos.

De igual forma, el estudio de Yu et al. (2010) sobre este tema en China, se basa en las ventas anuales en ese país para calcular los impactos causados desde las etapas de extracción, fabricación, uso y descarte del ciclo de vida del teléfono móvil. Emplearon como fuente el *software* Simapro. Otro caso de estudio es el realizado por ICF International para Estados Unidos (USEPA, 2011), considerando el tiempo de vida útil y las ventas anuales de móviles en ese país.

En Colombia, Ott (2008) realizó un diagnóstico de gestión de residuos electrónicos enfocando principalmente a computadores y teléfonos móviles. En dicho estudio, se menciona el descarte de estos residuos a través de rellenos sanitarios, incineración, sistemas artesanales de recuperación de materiales y sitios especializados para su disposición. También señala la insuficiente infraestructura para reciclar los

RAEE y la carencia de cifras en la venta de dispositivos electrónicos y la generación de residuos de los mismos. En razón a esto, empleó un análisis de flujos de materiales (AFM) para simular las cifras de ventas de teléfonos móviles y unidades descartadas al año para estimar la generación de RAEE en Colombia. Además, con el fin de conocer el destino final de los dispositivos móviles realizó una encuesta a los usuarios para cerrar el ciclo de vida final.

Para identificar los factores influyentes de generación de residuos de teléfonos móviles en Colombia, se identificó en información secundaria información como la cantidad de suscriptores a la telefonía móvil, el registro de importación de teléfonos móviles, la composición del mercado de la telefonía móvil y la estimación de hurtos de teléfonos móviles realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Además, los autores del presente artículo aplicaron una encuesta por internet a través de Formularios de Google.

El presente artículo tiene como propósito estimar la generación de residuos electrónicos por teléfonos celulares en Colombia a través de la información disponible sobre el consumo, vida útil y descarte de los dispositivos, los antecedentes de Ott (2008), información obtenida por los autores del artículo por medio de la encuesta aplicada a los usuarios de telefonía móvil y de teléfonos móviles en Colombia, y los factores de mayor influencia.

Metodología

Variables y fuentes de información

En este trabajo se efectuó un análisis de factores influyentes para estimar la generación de RAEE de teléfonos móviles en Colombia, desde la adquisición hasta el descarte mediante la revisión de información secundaria y primaria (a través de una encuesta). La información secundaria se obtuvo a través del estudio realizado por Ott (2008) y los datos reportados por instituciones oficiales como Banco Mundial (PIB per cápita y cantidad de suscriptores a líneas de telefonía móvil), Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (concentración del mercado de operadores móviles), Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales – DIAN

(importaciones de teléfonos móviles) y Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE (estimación de hurtos de teléfonos móviles).

La información primaria fue recopilada mediante una encuesta a 358 usuarios de telefonía móvil usando la herramienta “Formularios de Google”. La finalidad de la encuesta fue conocer los hábitos del consumidor al momento de adquirir el teléfono móvil, tiempo de uso y la forma de desecharlo. Los encuestados fueron colombianos mayores de 10 años provenientes de 24 ciudades. Se consideraron todos los rangos de ingresos y no se tuvo en cuenta el nivel educativo. La encuesta fue enviada a través de las redes sociales Facebook[®] y Twitter[®], así como por correo electrónico en el año 2014. Los encuestados fueron seleccionados aleatoriamente considerando como hipótesis que cada colombiano tiene un teléfono móvil y una línea de telefonía celular. Las preguntas empleadas fueron: 1) ¿En qué medida influye su percepción de inseguridad ciudadana, sobre la decisión de comprar un teléfono celular de gama alta, media o baja? Con opciones de respuesta: influencia alta, influencia media, influencia baja; 2) ¿Qué hace con su celular cuando lo deja de usar? Con opciones de respuesta: Lo guarda, lo dona o regala, lo dispone en un sitio de recolección de residuos de teléfonos celulares o electrónicos, lo bota a la basura, lo vende, otro; 3) ¿Cada cuánto tiempo cambia su teléfono celular? Con opciones de respuesta: Menor a un año, entre uno y dos años, más de tres años.

Análisis y presentación de la información

Se emplearon reportes históricos para analizar el comportamiento de las variables de la información secundaria. En el caso de la concentración del mercado se empleó índice de Herfindahl e Hirschman (HHI) al encontrarse que la adquisición de los teléfonos móviles hasta el 2014 se hacía a través de las empresas prestadoras de telefonía móvil. Esto se comparó con los datos de importación provenientes de la DIAN (disponible en el Sistema Estadístico de Comercio Exterior a través de la subpartida arancelaria de importación de teléfonos móviles para los años 2007 a 2014; los demás años fueron consultados directamente en la DIAN). Para el caso de la encuesta, se presentaron los resultados más importantes.

Estimación de RAEE por teléfonos móviles

Para la estimación de los residuos y la tasa de reúso de teléfonos móviles se tuvieron en cuenta los cambios en el comportamiento de los consumidores al momento de descartar sus teléfonos móviles –reporte de Ott (2008, p. 80) y los resultados de la encuesta (2014)–, estos años, 2008 y 2014 sirvieron de base para proyectar de forma lineal los cambios en este comportamiento para el conjunto de datos que fueron los años 1994 a 2015. De esta forma se encontró un estimado del factor o variación de reúso y de la cantidad de teléfonos móviles cuya disposición final se hizo en los residuos sólidos ordinarios, a través del tiempo. De este modo, usando el factor de reúso (FR)¹ se empleó la ecuación 1 para estimar los residuos por teléfonos móviles usando como tiempo de vida útil dos años de manera constante, en los años analizados. Vale aclarar que en el año 2015, se mantuvo como número constante el último registro obtenido, es decir, 1,4% del año 2014, valor asumido como el mínimo valor posible de disposición final de residuos de teléfonos móviles en los residuos ordinarios. Expresado así:

$$WEEEdvc = DvcImp_{y-2} * (1 - RF_{y-2}) + DvcImp_{y-4} * (RF_{y-4}), \quad (1)$$

donde $WEEEdvc$ son los RAEE de teléfonos móviles generados en un año y ; $DvcImp_{y-2}$ los teléfonos móviles importados dos años anteriores al año en estudio; $DvcImp_{y-4}$ los teléfonos móviles importados cuatro años anteriores al año en estudio; RF el factor de reúso.

Por último, usando el valor estimado de 125 gramos por teléfono móvil reportada por Yu et al. (2010), se proyectó la masa de RAEE de teléfonos móviles generados por año. Asimismo, se calculó la masa de generación de teléfonos móviles descartados por persona en diferentes países, como Italia, Estados Unidos, China y Colombia, considerando información secundaria y las cifras de población del mismo año reportados por el Banco Mundial (2016). Lo anterior, con el objetivo de comparar las diferencias en la generación de RAEE de teléfonos móviles en cada país.

1 El factor de reúso es la proporción de teléfonos móviles que terminaron su primer ciclo de vida y que son reusados como segundo ciclo de vida.

Resultados

Etapas de uso de la telefonía móvil en Colombia

Se identificaron tres aspectos influyentes en la adquisición de teléfonos móviles: ingreso per cápita de los colombianos, la concentración de mercado en un operador móvil y la percepción de inseguridad de los ciudadanos.

Ingreso per cápita

En Colombia durante la última década hubo un rápido crecimiento en la cantidad de líneas celulares conforme la economía creció, coincidiendo un

crecimiento acelerado del PIB per cápita a partir del 2003 y la entrada de un tercer operador móvil en el mismo año. Dicho comportamiento se evidencia en la Figura 1. En ese sentido, cuando aumentó la adquisición de líneas celulares, aumentó la adquisición de teléfonos móviles.

Concentración del mercado

Otro de los aspectos influyentes en la adquisición de líneas y teléfonos móviles es la concentración del mercado. En Colombia la mayoría de los dispositivos son vendidos por los operadores móviles (Fedesarrollo, 2011). La concentración del mercado colombiano de telefonía móvil es dominada por un

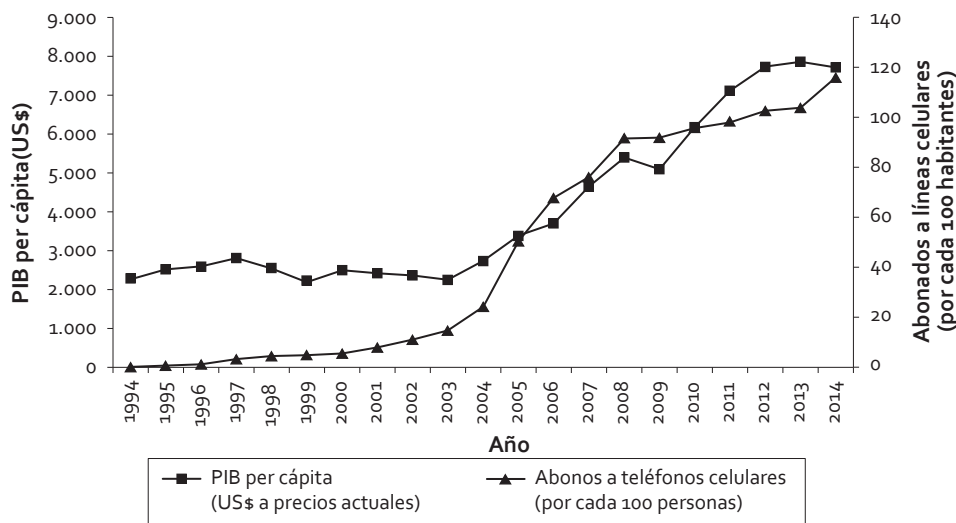


Figura 1. PIB per cápita y abonados a teléfonos celulares por cada 100 habitantes en Colombia. Fuente Banco Mundial (2016).

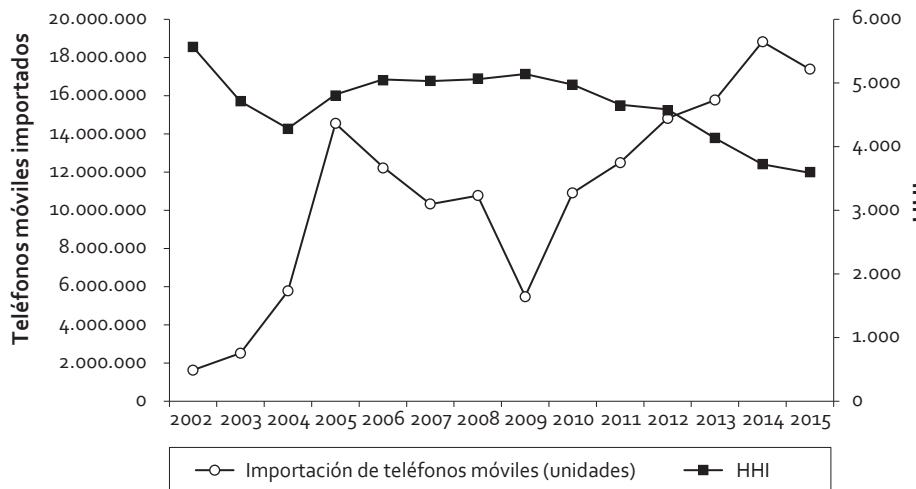


Figura 2. Teléfonos móviles e índice HHI del mercado de telefonía móvil en Colombia. Fuente: DIAN (2016) y MinTIC (2016).

operador, hecho que disminuye la posibilidad de adquisición de teléfonos móviles.

En la Figura 2 se observa que desde el año 2002, conforme disminuye la concentración del mercado medido a través del índice HHI², aumenta la importación de teléfonos celulares (con excepción del año 2009 debido a la disminución en el ingreso per cápita), aspecto que afectó la importación de celulares considerablemente y aumentó levemente la concentración del mercado.

Por otro lado, Fedesarrollo concluyó que entre los años 2008 y 2010 en Colombia hubo una reducción de precios de telefonía móvil menor a la media mundial y en América Latina. De haberse dado una reducción en los precios de telefonía celular al menos en igual proporción a la media mundial, los colombianos hubieran percibido un 0,77% del PIB del país adicional en el 2011 (aproximadamente US \$2.500 millones); además 975.000 personas no adquirieron nuevas líneas telefónicas debido al alto costo del servicio (Fedesarrollo, 2012).

Debido a la alta concentración de la telefonía móvil y los obstáculos para la competencia, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC)³ ha aplicado algunas medidas para reducir la concentración del mercado y disminuir o evitar prácticas monopólicas, tales como la carencia de la calidad del servicio, los abusos del operador dominante a los usuarios, el aumento de tarifas del servicio y el *efecto club*⁴ (Fedesarrollo, 2012, 2013).

Percepción de inseguridad

La seguridad social es uno de los factores que influyen en la decisión de compra de un teléfono móvil. Los consumidores pueden considerar en adquirir dispositivos más económico.

En la Encuesta Anual de Convivencia y Seguridad Ciudadana que realiza el DANE, desde el año

2012 se cuantifican los delitos asociados a hurtos, riñas y extorsión en Colombia (DANE, 2016). Como resultado de dicho reporte, la Tabla 1 presenta la cantidad de personas que fueron víctimas de hurtos de teléfonos celulares.

Tabla 1. Cantidad de hurtos para teléfonos móviles (personas) en Colombia, entre los años 2012-2014.

Año	Total de hurtos
2012	1.452.178
2013	1.159.200
2014	1.323.000

Fuente: Dane (2016).

En ese sentido, según datos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), con elaboración de Asomóvil, se encontró que en un universo de 46 millones de usuarios de telefonía móvil, se reportaron 440 mil teléfonos móviles hurtados o extraviados durante el último trimestre de 2011, representando un 0,95% del total de usuarios (Asomóvil, 2012).

En la Figura 3 se presentan los resultados encontrados en la encuesta virtual a la pregunta ¿qué tanto influye la delincuencia en la decisión de compra del teléfono móvil de diferentes precios (gamas)?

Por consiguiente, la percepción de inseguridad del ciudadano sería un aspecto influyente en la decisión de compra, dado que es posible que los consumidores se vean menos motivados a comprar celulares de alta gama y se muevan hacia celulares de menor gama. Este es un tema que requiere ser analizado a mayor profundidad y sale del alcance del presente artículo.

Etapa de descarte del teléfono móvil

Los resultados sobre la cantidad de teléfonos móviles descartados por año en Colombia, considerando las variables de celulares importados, los reportes de Ott (2008) y la encuesta aplicada de forma virtual. Se destaca que el tiempo de renovación del teléfono móvil del usuario colombiano es de dos años en promedio.

En la Figura 4 se observa el comportamiento de las variables: celulares importados, celulares descartados, masa de celulares descartados por año y masa de celulares cuya disposición final se realizó

2 El *Herfindhal-Hirschman index* es un indicador que caracteriza la concentración mercado; cuando el valor es cercano a 10.000 significa que este mercado es dominado por una empresa, en caso contrario, un valor cercano a cero indica la participación de muchas empresas en un mercado similar (USDOJ, 2015).

3 Ente regulador del mercado de telecomunicaciones en Colombia.

4 Práctica en la que el operador aumenta las tarifas a los usuarios cuando realizan llamadas o envían mensajes de texto (vía SMS o MMS) a otros operadores. También puede verse como una reducción en el precio del servicio dentro de su propia red.

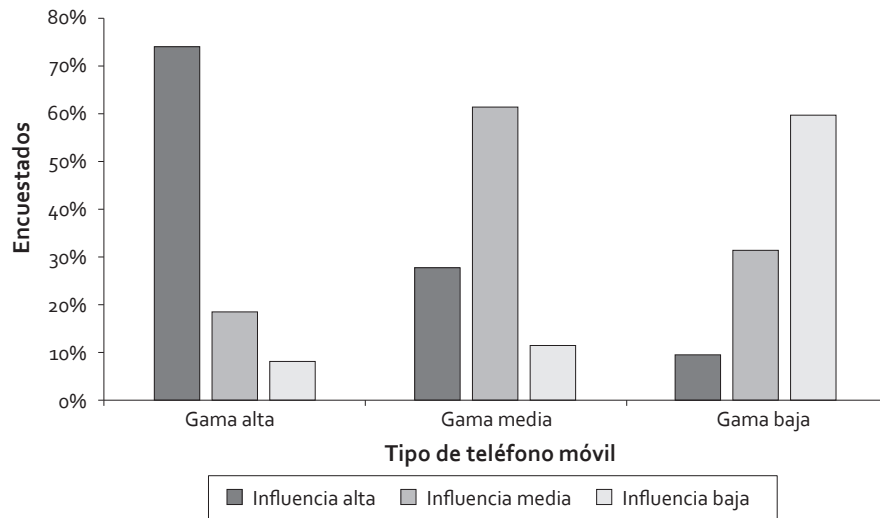


Figura 3. Influencia de la percepción de inseguridad en el momento de comprar un tipo de teléfono móvil en Colombia.

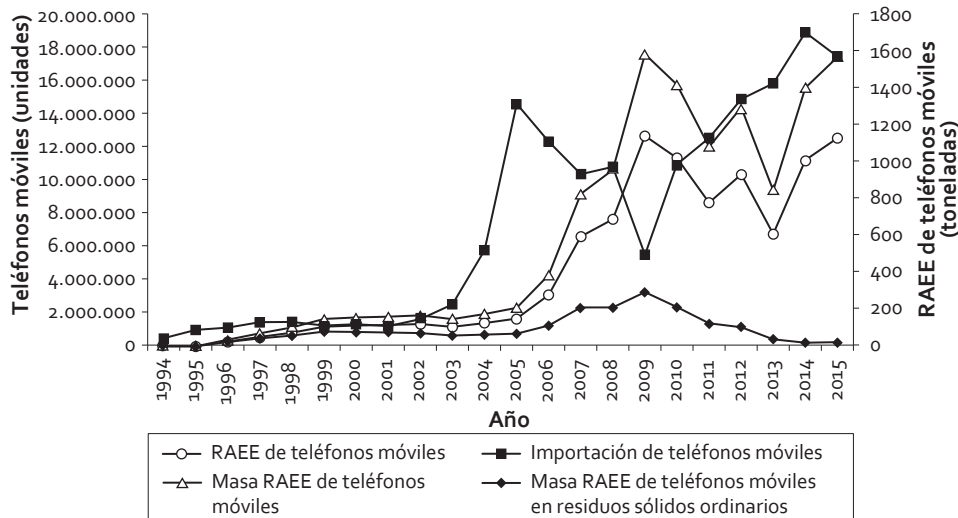


Figura 4. Número de unidades y masa de teléfonos móviles descartados en Colombia. Fuente: DIAN (2016), Yu et al. (2010), Ott (2008).

como residuos sólidos ordinarios. En ese sentido, se utilizó un peso por unidad de 125 gramos como lo sugiere Yu et al. (2010), encontrando una estimación de 12.677,3 toneladas entre los años 1994 y 2015.

De esta manera, se obtienen los datos del destino que dan los usuarios a los teléfonos móviles en su fin de ciclo de vida en el año 2008 y 2014, observándose cambios en la decisión del usuario sobre la disposición final que dan a su teléfono móvil (Figura 5). Se destaca que la preferencia del consumidor por depositar el dispositivo en desuso en lugares de adecuada gestión ambiental en lugar

de hacerlo en los residuos domiciliarios, además del aumento de teléfonos guardados para usarlos en caso de que el principal se averíe, se pierda o sea hurtado. El aumento de celulares que son donados es otro aspecto a destacar.

En contraparte, la proporción de usuarios que deciden vender su móvil se redujo considerablemente. Éste fenómeno podría deberse a la rápida pérdida de valor de los teléfonos celulares, causado por un mercado dinámico que continuamente ofrece innovaciones a los usuarios, rezagando tecnológicamente los dispositivos vendidos anteriormente (Paiano et al., 2013).

Tabla 2. Estimación de teléfonos móviles descartados por año en Colombia y variables consideradas para la estimación.

Año	RAEE de teléfonos móviles ¹ (unidades)	Importación de teléfonos móviles ² (unidades)	Porcentaje de celulares de segundo ciclo de vida (FR) ³	Masa RAEE de teléfonos móviles ⁴ (toneladas)	Porcentaje de celulares en residuos sólidos ordinarios ⁵	Masa RAEE de teléfonos móviles en residuos sólidos ordinarios ⁶ (toneladas)
1994		482.103	40,5	0	71,0	0
1995		979.403	42,8	0	67,5	0
1996	286.851	1.123.968	45,0	35,9	64,0	22,9
1997	560.708	1.442.082	47,3	70,1	60,5	42,4
1998	813.434	1.461.902	49,5	101,7	57,0	58,0
1999	1.179.393	1.238.629	51,8	147,4	53,5	78,9
2000	1.244.046	1.323.146	54,0	155,5	50,0	77,8
2001	1.279.022	1.205.367	56,3	159,9	46,5	74,3
2002	1.332.288	1.625.346	58,5	166,5	43,0	71,6
2003	1.168.339	2.513.364	60,8	146,0	39,5	57,7
2004	1.389.017	5.760.144	63,0	173,6	36,0	62,5
2005	1.664.514	14.545.769	65,3	208,1	32,5	67,6
2006	3.082.081	12.272.829	67,5	385,3	29,0	111,7
2007	6.581.523	10.324.134	69,8	822,7	25,5	209,8
2008	7.617.560	10.763.773	72,0	952,2	22,0	209,5
2009	12.614.165	5.490.092	74,3	1576,8	18,5	291,7
2010	11.298.016	10.910.990	76,5	1412,3	15,0	211,8
2011	8.614.782	12.498.020	78,8	1076,8	11,5	123,8
2012	10.313.999	14.825.017	81,0	1289,2	8,0	103,1
2013	6.732.223	15.766.864	83,3	841,5	4,5	37,9
2014	11.163.661	18.819.749	85,5	1395,5	1,4	19,5
2015	12.483.140	17.384.842	85,5	1560,4	1,4	21,8
Total	101418763	162757532		12677,3		1954,5

¹ Estimado de la ecuación 1. ² Datos reportados por la DIAN en el Sistema Estadístico de Comercio Exterior. Los datos en gris corresponden al reporte de Ott (2008) y la encuesta realizada (2014), y fueron usados para estimar por medio de una regresión lineal los demás años. ³ Estimado con $y = 2,25x - 4446$ ($R^2 = 1$). ⁴ Estimado de la columna 2 y el peso promedio de un teléfono móvil 125 g (valor sugerido por Yu et al., 2010). ⁵ Estimado con $y = -3,4948x + 7039,6$ ($R^2 = 1$). ⁶ A partir de las columnas 5 y 6.

Por otro lado, en la Figura 6 se observa la comparación de los resultados obtenidos en este estudio con estudios realizados en Italia por Paiano et al. (2013), en Estados Unidos por USEPA, (2011) y en China por Yu et al. (2010). Se usa como tiempo de análisis el año 2008, debido a que en los estudios mencionados el 2008 es el único año donde todos los estudios citados muestran datos de masa total de teléfonos móviles descartados.

Los RAEE de teléfonos móviles por masa total generados en Colombia son considerablemente menores a los países comparados. Sin embargo, los RAEE de teléfonos móviles generados por persona en Colombia, es el segundo menor entre los países

comparados, superando a China. Dichos resultados podrían deberse a diferencias en la población total, diferencias de poder adquisitivo de la población y penetración del servicio de telefonía móvil en cada país en el año en referencia.

Por otro lado, en el estudio de Ott (2008) se muestra una cuantificación de la masa de RAEE de teléfonos móviles acumulados entre 1997 y 2013. En el presente estudio, aun no se tienen consolidados los datos de acumulación de residuos de teléfonos móviles. Por lo tanto, hasta el avance de esta investigación, no es posible comparar los resultados obtenidos en este estudio y los obtenidos por Ott (2008).

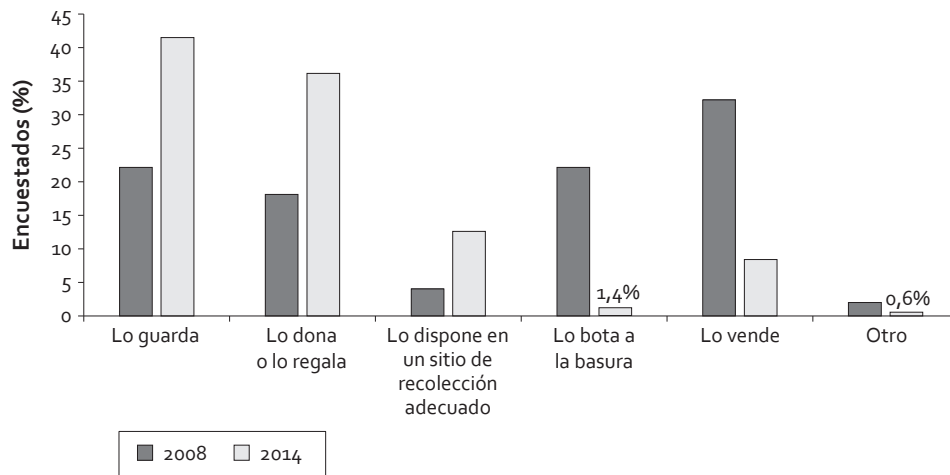


Figura 5. Forma de descarte del teléfono móvil de los usuarios colombianos. Fuente: Ott (2008), (columna año 2008) encuesta (columna año 2014).

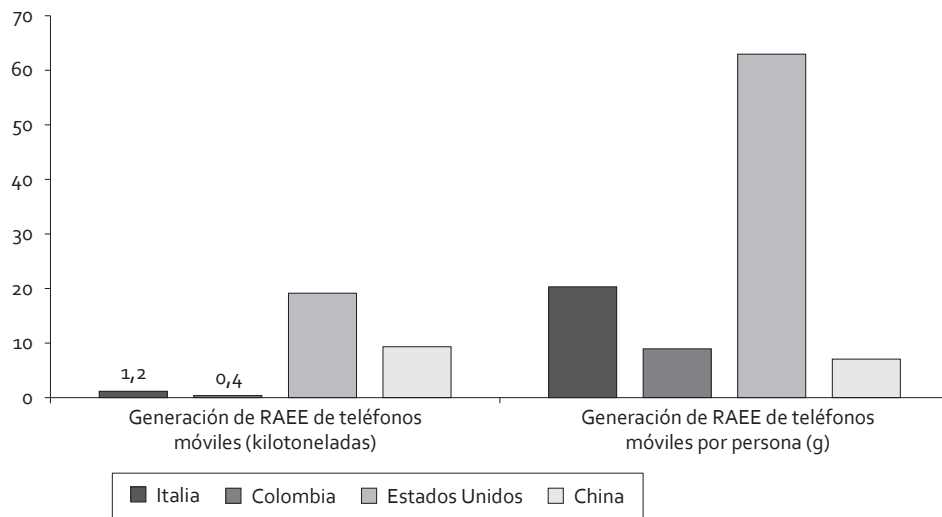


Figura 6. Generación de RAEE de teléfonos móviles en el año 2008 en Italia, Colombia, Estados Unidos y China en masa total y masa generada por persona. Construcción propia basada en (Paiano et al., 2013; USEPA, 2011; Yu et al., 2010; Banco Mundial, 2016).

Discusión

Los estudios para estimar la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) de teléfonos móviles han sido abordados en diversas investigaciones. En ese sentido, autores como Pariatamby y Victor (2013), Wang y Xu (2014), He et al. (2006) y Sarath et al. (2015) identificaron en los residuos de teléfonos móviles como uno de los residuos eléctricos y electrónicos de mayor crecimiento en el mundo. Este resultado fue impulsado por la inversión pública en TIC por su efecto positivo en el crecimiento y desarrollo económico (Waverman

et al., 2005), reducción en la desigualdad social (Fedesarrollo, 2011) y al evidenciarse un incremento acelerado de suscriptores a la telefonía móvil junto con un crecimiento positivo del ingreso per cápita (Figura 1).

Por otro lado, este documento aborda tres temas domésticos, como el ingreso per cápita de la población (Figura 1), la concentración del mercado de telefonía móvil (Figura 2) y la inseguridad percibida por la ciudadanía al momento de adquirir un teléfono móvil (Tabla 1 y Figura 3). Aunque estos factores no fueron incluidos en nuestros cálculos, para Fedesarrollo (2012) la concentración del mercado de

telefonía móvil en Colombia representó una pérdida en el bienestar de los consumidores por la reducción de menos de la mitad en los precios con respecto a la media mundial para los años 2008 y 2010. En el caso de la inseguridad, el robo de teléfonos móviles significó para el 2014 un negocio de 827.000 millones de pesos colombianos equivalente a 413,5 millones dólares estadounidenses (tasa de cambio de 2000 para el 2014) (El Tiempo, 2015).

Otro aspecto de importancia es la producción científica de artículos científicos en los últimos años. Por ejemplo, Sarath et al. (2015), encontraron que la mayor cantidad de artículos relacionados con RAEE de teléfonos móviles en la ventana 1999 y el primer trimestre del 2015 fueron publicados entre 2005 y 2015, con un incremento año tras año a excepción de los años 2008 y 2012. La explicación que mencionan los autores de este evento fue la introducción de la política de gestión de basura electrónica o E-waste, en la Unión Europea en el año 2002. Así mismo, los dos temas predominantes de investigaciones publicadas fueron Recuperación de materiales y Generación y gestión de residuos de teléfonos móviles.

Por otro lado, Xu et al. (2016) identificaron la situación de la gestión de residuos de teléfonos móviles en algunos países desarrollados. En ese sentido, mencionan que Suiza, fue uno de los primeros países en establecer un sistema integral de gestión de RAEE. A través de la creación de Organizaciones de Responsabilidad del Productor (PRO por sus siglas en inglés) en dicho país, se incorporaron a todos los actores responsables en la gestión y reciclaje de RAEE y se definieron las responsabilidades para cada uno. Con el fin de determinar la responsabilidad legal de cada actor (fabricantes, importadores, distribuidores, comercializadores y consumidores), la Oficina Federal para el Ambiente reglamentó en 1998, la normativa para la devolución, recuperación y disposición final de equipos eléctricos y electrónicos. Por lo tanto, a través de los PROs y cumpliendo con la reglamentación, cada actor contribuye con recursos económicos para la recolección, recuperación y disposición final de teléfonos móviles.

En el mismo sentido, la Unión Europea creó una directriz con el objetivo de que en el año 2018, el

75% de los residuos de teléfonos móviles fueran recuperados y el 55% de los mismos sean reciclados o reusados. Por lo tanto, cada país miembro debe reglamentar sus propias normas con el fin de cumplir con esta directriz (Xu et al., 2016).

En Colombia, las empresas de telefonía celular, otras industrias sectoriales y algunas entidades gubernamentales, lanzaron en el año 2007 la campaña “Recicla tu móvil o celular y comunícate con la Tierra”, con la cual fue posible recuperar 627.750 celulares, 378.855 baterías y 1.993.969 accesorios en el transcurso de dos años; adicionalmente, entre los años 2007 a 2014 se recuperaron más de 185 toneladas de RAEE de celulares, baterías y accesorios (Román, 2015). La ubicación de urnas de acopio en todo el país facilitó la labor de la recuperación de teléfonos móviles, donde los usuarios depositaron voluntariamente sus teléfonos móviles para su disposición final (Román, 2015).

Posteriormente, en el año 2013, se establecieron los lineamientos para la gestión de RAEE en Colombia, por medio de la Ley 1672 de 2013, en la cual se determinan las responsabilidades de cada actor, incluyendo la Responsabilidad Extendida al Productor, siendo éste último un concepto heredado de la legislación europea, el cual clasifica a ciertos actores como productores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) y los responsabiliza del posconsumo; como en Colombia los fabricantes no tienen una presencia importante, en el país se responsabiliza especialmente a los operadores de telefonía móvil, dado que son los principales importadores (Román, 2015). No obstante, la Ley 1672 de 2013, a pesar de ser vinculante y de obligatorio cumplimiento, no se ha reglamentado, por lo cual, aún no se definen las metas de recuperación de RAEE, las obligaciones y las penalidades (Román, 2015).

Los principales problemas para la adecuada gestión de RAEE identificados por Román (2015), son los gestores de RAEE ilegales, quienes operan sin licencia y en la mayoría de los casos, con prácticas inadecuadas para la recuperación y reutilización de los AEE. Otros obstáculos a superar identificados por el autor son la necesidad de realizar la separación en la fuente de los RAEE, y la necesidad de trabajo coordinado entre las entidades gubernamentales.

Desde el año 2014, se ha puesto en marcha el programa *buy-back*, con el cual los usuarios entregan su teléfono móvil usado para su disposición final y reciben a cambio una compensación (Román, 2015), generalmente usada como parte de pago para un celular nuevo. Esto explica el cambio en el reuso que los consumidores (Figura 4 y Tabla 2).

Según señala Román, (2015), el caso colombiano de gestión de RAEE de teléfonos móviles, es un ejemplo regional, debido a que empezó como una colaboración público-privada, la cual llegó a más de 30 ciudades del país y a través de este esquema, se siguen recuperando los teléfonos móviles para su adecuada disposición final.

Por último, Román, (2015) señala que aún queda camino por recorrer para la adecuada gestión de RAEE en Colombia, especialmente en la concientización de la población, actor clave para el éxito de cualquier campaña de reciclaje.

Al igual como menciona Román (2015), el consumidor es un actor clave en la adecuada gestión de residuos de teléfonos móviles, dado que como se observa en la Figura 5, una porción importante de los consumidores dispone temporalmente los teléfonos móviles en su hogar. Este comportamiento si bien disminuye la disposición de teléfonos móviles en relleno sanitario, imposibilita la recuperación de los dispositivos para su reuso o reciclaje. Para promover la entrega de teléfonos móviles en desuso por parte de los usuarios, es necesario reforzar campañas como el *buy-back*, donde el consumidor reciba una recompensa por la entrega de teléfonos móviles en etapa de descarte, además de mantener y promover aún más las campañas de concientización en el consumidor para la entrega voluntaria de los RAEE en lugares autorizados para su recepción.

Conclusiones

La generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos RAEE de teléfonos móviles aumenta con la adquisición de celulares. En este sentido, se observa que el incremento de la capacidad adquisitiva de los colombianos, aumenta la adquisición de teléfonos móviles.

Por otro lado, en relación con la concentración de mercado, a una menor concentración, aumenta la compra de teléfonos móviles. Finalmente, una mejora en la percepción de seguridad de los ciudadanos redundará en mayor disponibilidad a la compra de teléfonos móviles de bajo costo. Luego, estos últimos tres componentes influyen en la generación de residuos de teléfonos celulares, cuando los dispositivos cumplen su vida útil.

Asimismo, en el contexto colombiano se destaca que los RAEE de teléfonos móviles generados en el año 2008 en Colombia es considerablemente menor comparada con países como Italia, Estados Unidos y China (Figura 6). En el mismo contexto colombiano, es de resaltar el aumento de teléfonos celulares en desuso que son depositados en lugares de adecuada gestión ambiental y la reducción en su disposición en residuos sólidos domiciliarios; además del considerable aumento de dispositivos en desuso almacenados por los usuarios en sus hogares y de dispositivos que son donados a otros usuarios.

Por último, la política de adecuada gestión de RAEE en Colombia, se implementó de manera tardía en comparación con los países comparados (Suiza y Unión Europea). No obstante, el país ha tomado la experiencia de la implementación de políticas de gestión de RAEE de los países europeos. Al respecto, es necesario que en Colombia se refuercen las campañas al consumidor con el fin de incentivar la recepción de teléfonos móviles usados.

Bibliografía

- Asociación de la Industria Móvil de Colombia (Asomóvil), 2012. Informe telefonía móvil de Colombia. Bogotá.
- Banco Mundial, 2016. Indicadores del desarrollo mundial. Disponible en: <http://databank.bancomundial.org/data/reports.aspx?source=2&country=CHN&series=&period=#>; consultado: diciembre de 2016.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2016. Encuesta de convivencia y seguridad ciudadana (ECSC). Disponible en: www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/seguridad-y-defensa/encuesta-de-convivencia-y-seguridad-ciudadana-ecsc; consultado: diciembre de 2016.
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN), 2016. Database: sistema estadístico de comercio exterior. Importaciones por subpartida arancelaria. Disponible en: <http://websiex.dian.gov.co/pls/>

- siex/isubpartidas\$.startup; consultado: diciembre de 2016.
- El Tiempo. 2015. Las medidas del Gobierno para potenciar lucha contra robo de celulares. Disponible en: www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16264175; consultado: Diciembre de 2016.
- Fedesarrollo, 2011. Impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en el desarrollo y la competitividad del país. Bogotá.
- Fedesarrollo, 2012. Promoción de la competencia en la telefonía móvil de Colombia. Bogotá.
- Fedesarrollo, 2013. La calidad de la telefonía móvil en Colombia. Coyuntura TIC, Bogotá. 31 p.
- He, W., Li, G., Ma, X., Wang, H., Huang, J., Xu, M., Huang, C., 2006. WEEE recovery strategies and the WEEE treatment status in China. *J. Hazard. Mater.* 136, 502-512. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.04.060
- International Telecommunication Union (ITU), 1999. World telecommunication development report 1999. Mobile Cellular. Disponible en: www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx; consultado: diciembre de 2016.
- International Telecommunication Union (ITU), 2016a. Time series of ICT data for the world. Disponible en: www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx; consultado: diciembre de 2016.
- International Telecommunication Union (ITU), 2016b. Mobile-cellular subscriptions 2000-2015. Disponible en: www.itu.int/en/ITU-D/.../2016/Mobile_cellular_2000-2015.xls; consultado: diciembre de 2016.
- Karjaluoto, H., Karvonen, J., Kesti, M., Koivumäki, T., Manninen, M., Pakola, J., Ristola, A., Salo, J., 2005. Factors affecting consumer choice of mobile phones: two studies from Finland. *J. Euromarketing* 14, 59-82. DOI: 10.1300/J037v14n03_04
- Lee, S., Geum, Y., Lee, H., Park, Y., 2012. Dynamic and multidimensional measurement of product-service system (PSS) sustainability: a triple bottom line (TBL)-based system dynamics approach. *J. Clean. Prod.* 32, 173-182. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.03.032
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), 2016. Databse: telefonía nacional: abonados y variación telefonía móvil. Disponible en: <http://colombiatic.mintic.gov.co/estadisticas/stats.php?id=85>; consultado: diciembre de 2016.
- Ott, D., 2008. Gestión de residuos electrónicos en Colombia. Diagnóstico de computadores y teléfonos celulares. Ewaste, Medellín, Colombia.
- Paiano, A., Lagioia, G., Cataldo A., 2013. A critical analysis of the sustainability of mobile phone use. *Resour. Conserv. Recycling* 73, 162-171. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.02.008
- Pariatamby, A., Victor, D., 2013. Policy trends of e-waste management in Asia. *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 15, 411-419. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-013-0136-7>
- Román, I., 2015. El aporte de los operadores móviles en la reducción de la basura electrónica. Caso de estudio. Disponible en: E-Waste en Colombia; GSMA, www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/02/ewaste-colombia.pdf consultado: diciembre de 2016.
- Sarath, P., Bonda, S., Mohanty, S., Nayak, S., 2015. Mobile phone waste management and recycling: views and trends. *Waste Manage.* 46, 536-45. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.09.013
- Sinha-Khetriwal, D., Luepschen, C., 2013. Introduction. pp. 1-8. En: Sinha-Khetriwal, D., Luepschen, C., Kuehr, R. (Eds.), *Solving the e-waste problem: an interdisciplinary compilation of international e-waste research*. Step; United Nations University Press, Tokyo.
- Step, 2014. One global definition of e-waste. Solving the E-Waste Problem (StEP) Initiative White Paper 5, 1-12.
- Suckling, J., Lee, J., 2015. Redefining scope: the true environmental impact of smartphones? *Int. J. LCA.* 20, 1181-1196. DOI: 10.1007/s11367-015-0909-4
- US Department of Justice (USDOJ), 2015. Herfindahl-Hirschman index. Disponible en: <https://www.justice.gov/atr/herfindahl-hirschman-index>; consultado: diciembre de 2016.
- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2011. Electronics waste management in the United States through 2009. EPA 530-R-11-002. Washington DC.
- Wang, R., Xu, Z., 2014. Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): a review. *Waste Manage.* 34, 1455-1469. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.03.004
- Waverman, L., Meschi, M., Fuss, M., 2005. The impact of telecoms on economic growth in developing countries. Disponible en: Vodafone - Leverhulme Trust, www.ictregulationtoolkit.org/action/document/download?document_id=3532; consultado: diciembre de 2016.
- Xu, C., Zhang, W., He, W., Li, G., Huang, J., 2016. The situation of waste mobile phone management in developed countries and development status in China. *Waste Manage.* 58, 341-47. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.08.037
- Yu, J., Williams, E., Ju, M., 2010. Analysis of material and energy consumption of mobile phones in China. *Energy Policy* 38, 4135-4141. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.03.041