

LA LOGÍSTICA DE REVERSA Y SU RELACIÓN CON LA GESTIÓN INTEGRAL Y SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN SECTORES PRODUCTIVOS¹

REVERSE LOGISTICS AND ITS RELATIONSHIP TO THE INTEGRAL AND SUSTAINABLE SOLID WASTE MANAGEMENT IN PRODUCTIVE SECTORS

LOGÍSTICA REVERSA E SUA RELAÇÃO COM A GESTÃO INTEGRAL E SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SETORES PRODUTIVOS

Claudia Cecilia Peña Montoya

Candidata Doctorado en Ingeniería, énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad del Valle, Cali-Colombia. MSc. in Management, Lancaster University, UK. Ingeniera Industrial, Universidad Autónoma de Occidente, Cali-Colombia. claudia.pena@correounivalle.edu.co

Patricia Torres Lozada

Magister y Doctor en Ingeniería Civil, énfasis Hidráulica y Saneamiento, Universidad de São Paulo, Brasil. Ingeniera Sanitaria, Universidad del Valle; Profesora Titular Escuela EIDENAR, Universidad del Valle, Cali-Colombia. patricia.torres@correounivalle.edu.co

Carlos Julio Vidal Holguín

Magister y Doctor en Ingeniería Industrial, Georgia Institute of Technology, EUA. Ingeniero Mecánico, Universidad del Valle; Profesor Titular Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Cali-Colombia. carlos.vidal@correounivalle.edu.co

Luis Fernando Marmolejo Rebellón

Doctor en Ingeniería, énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad del Valle. Magister en Administración en Salud, Universidad del Valle; Ingeniero Sanitario, Universidad del Valle; Profesor Asistente Escuela EIDENAR, Universidad del Valle, Cali-Colombia. luis.marmolejo@correounivalle.edu.co

- **Clasificación JEL:** L81, M11

RESUMEN

Los residuos sólidos – RS que se generan en los sectores productivos representan fuente de oportunidades si se gestionan apropiadamente, ya que se reducen costos operativos e impactos negativos al ambiente. Este artículo presenta una reflexión acerca de la relación entre la logística de reversa – LR y la gestión integral y sostenible de residuos sólidos-GISRS en sectores productivos; relación que permite ganar eficiencia al agregar valor a los materiales con posibilidad de incorporarlos al ciclo productivo. Se recopiló y analizó información internacional y local de los desarrollos de la LR y GISRS, a través de un análisis exploratorio. El análisis realizado muestra que la LR tiene una aplicación incipiente en el sector productivo colombiano y que, aunque existe conocimiento de la temática en sectores estratégicos como el industrial, gubernamental e investigativo, es necesario el fortalecimiento de estrategias o intervenciones que permitan a los tomadores de decisiones una mejor ponderación de los beneficios económicos, sociales y ambientales asociados con su aplicación en la GISRS.

PALABRAS CLAVE

Cadena de suministro, ciclo cerrado, ciclo de vida, logística de reversa, residuos sólidos, sostenibilidad.

ABSTRACT

Solid waste generated in productive sectors represents a source of opportunities if managed appropriately, because operative costs and negative impacts to the environment could be decreased. This work presents a reflexive approach towards the reverse logistics- RL relationship to the integral and sustainable solid waste management - ISSWM within productive sectors; this relationship allows gaining efficiency by aggregating value to the materials suitable to be reintegrated the productive cycle. An exploratory analysis was conducted by means of collecting and analyzing information from international and local sources about the developments on RL and ISSWM. The analysis carried out shows that RL is in the early stage of development at the colombian productive sector and despite the current knowledge on the subject at strategic sectors such as industrial, governmental and researching, it is necessary the strengthening of strategies that allow to decision makers a better understanding of the economical, social and environmental benefits related to the ISSWM application.

KEYWORDS

Supply chain, closed loop, life cycle, reverse logistics, solid waste, sustainability.

RESUMO

Os resíduos sólidos gerados nos setores produtivos representam uma fonte de oportunidades se são gerenciados apropriadamente, já que há uma redução nos custos operativos e também nos impactos ambientais negativos. Este artigo apresenta uma reflexão sobre a relação entre a logística reversa -LR e a gestão integral e sustentável dos resíduos sólidos -GISRS em setores produtivos. Esta relação permite ganhar eficiência pois agrega valor aos materiais com possibilidade de incorporá-los no ciclos de produção. Informações locais e internacionais sobre os desenvolvimentos da LR e a GISRS foram compiladas e analisadas através de um análises exploratório. A análise realizada mostra que a LR tem uma aplicação incipiente no sector produtivo Colombiano e que, embora existam conhecimentos sobre o tema em setores estratégicos como o industrial, governo, e pesquisadores, é preciso fortalecer estratégias ou intervenções que permitam aos tomadores de decisão uma melhor ponderação dos benefícios económicos, sociais e ambientais relacionados com sua aplicação na GISRS.

PALAVRAS-CHAVE

Cadeia de suprimentos, ciclo fechado, ciclo de vida, logística reversa, resíduos sólidos, sustentabilidade.

Introducción

La preocupación global por el desarrollo sostenible ha hecho replantear varios aspectos organizacionales a nivel estratégico, buscando contribuir a la minimización de los impactos negativos al ambiente; para mitigarlos, las cadenas de suministro son responsables de garantizar que su gestión contemple estrategias como la reducción de residuos en la producción de bienes de consumo, las operaciones amigables con el ambiente, el manejo de los mercados secundarios y el cumplimiento de normas ambientales (Kocabasoglu, Prahinski y Klassen, 2007). Los impactos ambientales están presentes en toda la cadena de suministro, desde la gestión logística de las materias primas hasta que los bienes llegan al consumidor final.

Así mismo, la gestión de productos o materiales que pueden regresar a la cadena de suministro tiene asociados impactos ambientales que representan un reto para la misma; para enfrentar estos retos, existen estrategias como la logística de reversa - LR que integra

una serie de operaciones para valorizar los residuos sólidos - RS o disponerlos adecuadamente una vez éstos han disminuido su valor o cumplido su ciclo de vida (Prahinski y Kocabasoglu, 2006). La gestión sostenible de los RS implica la consideración de múltiples criterios, para que los involucrados de los sectores público, privado y la comunidad tomen decisiones en un marco temporal y espacial que es altamente dinámico y depende de las condiciones propias de las comunidades (Gasparatos, El-Haram y Horner, 2009).

En este sentido, la LR se articula con la gestión de los RS mediante las opciones de reprocesamiento más usadas en la industria como la remanufactura y el reciclaje (Dowlatshahi, 2005); la remanufactura es el proceso en el cual los productos usados se reparan como nuevos, mientras que el reciclaje es un proceso para recuperar contenidos de los productos usados sin conservar la identidad de sus componentes. Estas opciones de reprocesamiento vinculan la LR con el desarrollo sostenible, si se asume que la sociedad debería utilizar todo el valor que tienen los productos (de Brito y Dekker, 2004).

En este artículo de reflexión se presentan los fundamentos de la LR y la gestión integral y sostenible de residuos sólidos- GISRS, así como se identifica la relación y los efectos positivos al ambiente de esta relación en el sector productivo, la cual ha sido poco explorada en la literatura. Adicionalmente, se muestra el papel de la LR en actividades de aprovechamiento de RS, citando casos de aplicación a través de las operaciones de la LR y se detallan los progresos reportados en Colombia frente al aprovechamiento de RS e indicadores logísticos partir de la relación inicialmente identificada. Finalmente, se concluye acerca de la necesidad de promover el desarrollo de programas que involucren los fundamentos de LR a nivel nacional, orientados a respaldar la GISRS en sectores productivos.

1. Metodología

A partir de un estudio exploratorio, se recopiló información secundaria de resultados de proyectos investigación, trabajos de grado, trabajos de investigación de maestría, libros y artículos publicados en revistas científicas. El procesamiento de la información se realizó por fases que comprendieron en primera instancia la revisión de los conceptos de LR y GISRS, con el fin de establecer su evolución, condición actual y los posibles desarrollos futuros. Seguidamente, se consolidó la información relacionada con el marco normativo tanto a nivel global como nacional en los dos temas mencionados y finalmente, se exploró la relación de la LR y GISRS a nivel nacional, para establecer su convergencia y adaptabilidad según lo reportado por la literatura internacional con el objetivo de consolidarse como estrategia que impulse la competitividad de las empresas. Principalmente, se adoptó un análisis cualitativo de la información como una aproximación que permitió consolidar las bases teóricas actuales, para futuras propuestas cuantitativas en el contexto local.

2. Gestión integral y sostenible de residuos sólidos

De acuerdo con Christensen (2011), un residuo es un elemento resultado de las actividades humanas, el cual es rechazado e indeseado porque se cree que no es posible usarlo más. Los RS se presentan en forma sólida y no tiene un medio líquido o aéreo que los transporte; algunos de los RS pueden ser reutilizados de manera que lleguen a

ser recursos para la producción industrial o la generación de energía si se gestionan apropiadamente a través de la gestión integral de residuos sólidos – GIRS, la cual es un proceso complejo que incluye diversas opciones asociadas con el control de la generación, manipulación, almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, procesamiento y disposición final de RS. Involucra también el trabajo interdisciplinario y aspectos críticos como (i) el incremento de las cantidades de residuos, (ii) falta de definición clara de los términos y funciones de la gestión de RS, (iii) baja calidad de los datos disponibles, (iv) necesidad de especificar los roles y liderazgo en los gobiernos nacional, regional y local, (v) necesidad de regulaciones y resoluciones para el manejo de residuos entre municipios, departamentos y naciones (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

La propuesta integradora en la GIRS la presentaron van de Klundert y Anshütz (2001) a partir del concepto de Gestión Integral Sostenible de Residuos Sólidos- GISRS, el cual considera que la solución a la mayoría de los problemas con el manejo de los RS va más allá de la inversión de dinero o la adquisición de equipos y que se hace necesario tener una visión holística de la situación que involucre tres dimensiones principales: (i) los actores relacionados con la gestión de RS, (ii) los elementos que conforman el sistema de gestión y (iii) los aspectos del contexto local que condicionan el funcionamiento del sistema, para alcanzar soluciones técnicamente apropiadas, económica y socialmente viables, que no degraden el ambiente.

Adicional al contexto y los actores clave, Marmolejo (2011) señaló que la GISRS debe también involucrar los aspectos técnicos, ambientales, institucionales, socioculturales, económicos, legales y políticos; además, se debe reconocer que la aplicación del concepto GISRS supone que la investigación y el desarrollo local estén direccionados hacia la adaptación de las tecnologías a los contextos locales, la innovación en las actividades de sensibilización y al fortalecimiento continuo de la gestión empresarial para que se adecue a las condiciones de un mercado y un marco regulatorio cambiante.

El concepto de GISRS se relaciona también con lo señalado por Seadon (2010) respecto a la importancia de considerar la complejidad de los RS en su interacción con otros subsistemas como el de manufactura, pues pueden llegar a ser recursos para diferentes procesos y productos de manera que contribuyen al equilibrio de las principales esferas de la sostenibilidad en las cadenas de suministro.

La GISRS en las cadenas de suministro involucra aspectos económicos por los desembolsos necesarios para este fin, pero también por la recuperación de valor económico; así mismo, interviene en la esfera ambiental, al reducir la cantidad de RS conducidos a disposición final, porque pueden ser tratados para incorporarlos al ciclo productivo, disminuyendo también la explotación de recursos naturales destinados para elaborar materia prima virgen y en la esfera social, representan una oportunidad para la creación de empleos y nuevos mercados.

El reto es entonces lograr que estas esferas interactúen para finalmente contribuir a la sostenibilidad de las cadenas de suministro a partir de la GISRS como se muestra en la Figura 1, en la cual se observan las diferentes interacciones entre las esferas social, económica y ambiental e invita a reflexionar que así como sucede en la GISRS, el trabajo orientado a la sostenibilidad de las cadenas de suministro requiere de la participación de múltiples disciplinas como las ciencias naturales, las ciencias sociales y la ingeniería para la construcción de un enfoque metodológico plural; además, la sostenibilidad es dinámica y requiere de la consideración de escalas temporales y espaciales, así como de la incertidumbre que yace en las preferencias y valores humanos para el diseño de estrategias futuras (Gasparatos *et al.*, 2009).

3. Generalidades de la logística de reversa

La LR es una estrategia que se ocupa de planear, implementar y controlar el flujo eficiente y costo efectivo de materias primas, producto en proceso, producto terminado, empaques, devoluciones desde el punto de consumo hasta un punto de recuperación o disposición adecuada (Rogers y Tibben-Lembke, 1998); el punto de consumo se refiere al origen de los materiales que pueden ser devoluciones de manufactura resultado de control de calidad o sobrantes de producción, devoluciones de distribución por ajustes de inventarios, deterioro de embalaje y devoluciones de los clientes por garantías o final del ciclo de vida (de Brito y Dekker, 2004).

La estrategia de LR hace parte del concepto de cadena de suministro de ciclo cerrado – CSCC que según Guide y Van Wassenhove (2009) se encarga del diseño, control y operación de un sistema para maximizar la creación de valor sobre todo el ciclo de vida de un producto, mediante su aprovechamiento desde diferentes tipos y volúmenes de retorno a través del tiempo.

La CSCC integra la logística directa y la LR porque un producto recuperado se incorpora a la logística

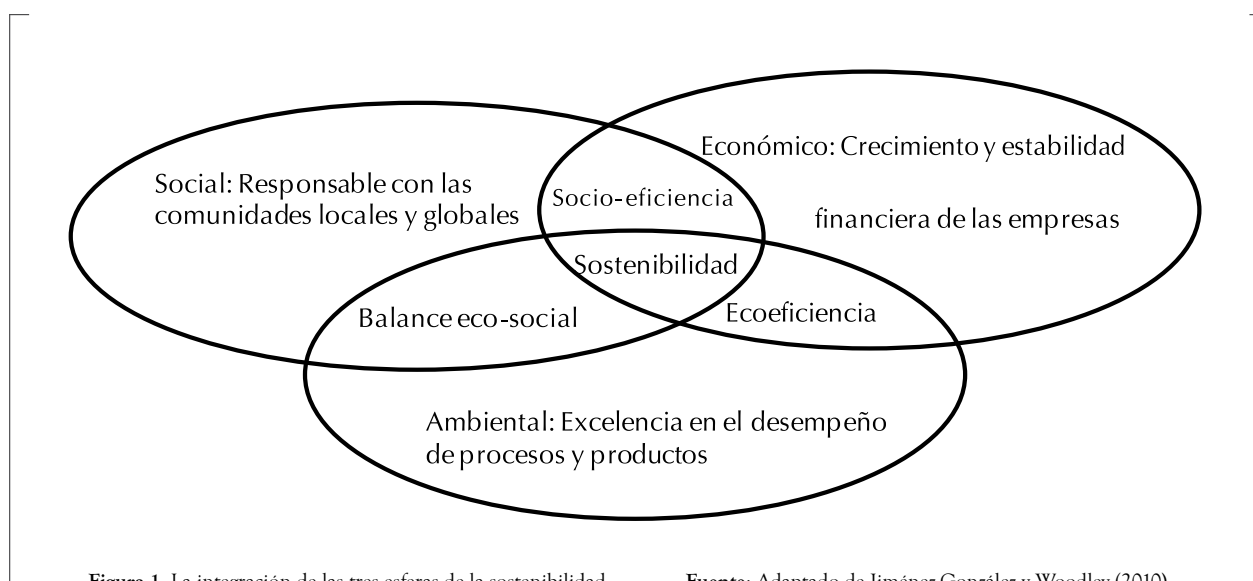


Figura 1. La integración de las tres esferas de la sostenibilidad

Fuente: Adaptado de Jiménez-González y Woodley (2010).

directa por medio de la LR (De La Fuente, Ros y Cardos, 2008); las ventajas de ésta integración se evidencian al compartir recursos como materiales e infraestructura, lo cual conduce a ahorro en costos y reducción de la contaminación.

En la Tabla 1 se muestra la comparación entre la logística directa y de reversa, de la cual se puede apreciar que a pesar de tener actividades similares, éstas se vuelven complejas dada las diferencias en características como calidad y cantidad de los materiales retornados.

La LR se reporta principalmente como una estrategia para gestionar materiales al final del ciclo de vida en diversos sectores a nivel internacional, tales como el de aviones comerciales, computadores, automóviles, químicos,

electrodomésticos, compañías de mercadeo por catálogo y elementos médicos (Dowlatshahi, 2005); además de algunos detallados en la Tabla 2, donde se aprecia el amplio alcance que tiene la LR para gestionar los RS en diversos sectores, siendo los residuos electrónicos los que más reportan su uso debido al surgimiento de leyes de protección ambiental principalmente en países Europeos (Kinobe, Gerbresenbet y Vinnerås, 2012).

Para cumplir con su propósito, la LR involucra actividades directamente relacionadas con la recuperación de materiales, integrando la recolección, inspección, selección, separación, recuperación o reprocesamiento y redistribución. Entre las opciones de reprocesamiento están las directas como la reutilización y las que requieren procesos como reciclaje, remanufactura y

Logística Directa	Logística de Reversa
Pronósticos fáciles de realizar	Pronósticos difíciles de realizar
De uno a varios puntos de distribución	De varios puntos de distribución a uno
Empaque del producto uniforme	Irregularidades en el empaque del producto
Certidumbre en los costos de distribución directa	Costos de distribución de reversa son inciertos
Ciclo de vida del producto manejable	Complejidad en los aspectos de ciclo de vida
La ruta y destino son claros	Ruta y destino no es claro con anticipación
Calidad del producto es uniforme	La calidad del producto es variable

Tabla 1. Comparación de la logística directa y de reversa

Fuente: Adaptado de Reverse Logistics Executive Council (2012)

Residuos sólidos	Autores	Región
Aluminio	Logozar, Radonjic y Bastic (2006)	Eslovenia
Envases y empaques de vidrio	González-Torre, Adenso-Díaz y Artiba (2004)	España
Aparatos electrónicos	Achillas <i>et al.</i> , (2010)	Grecia
Aparatos electrónicos	Andiç, Yurt y Baltacioğlu (2012)	Turquía
Azúcar	Zhu y Cote (2004)	China
Papel	Pati, Vrat y Kumar (2008)	India
Automóviles	Seitz y Wells (2006); Kumar y Putnam (2008)	Estados Unidos
Electrodomésticos y aparatos electrónicos	Kumar y Putnam (2008)	
Automóviles	Cruz-Rivera y Ertel (2009)	México
Residuos municipales	Fehr y Santos (2009) Zhang, Huang y He (2011)	Brasil
Construcción	Nunes, Mahler y Valle (2009)	
Baterías	Hojas, de Castro, Gomes y Gobbo (2010)	

Tabla 2. Aplicación de la logística de reversa por sector y región

Fuente: Elaboración propia

restauración (de Brito y Dekker, 2004). Es posible que el material regrese al consumidor final luego de procesos de adecuación o se destine a disposición final en cualquiera de las opciones de reprocesamiento como se muestra en la Figura 2.

Además, se reconoce la intervención de diferentes entidades en los programas de LR, lo cual depende del origen de los retornos y de la estructura de la organización. Los esquemas de recuperación pueden ser manejados por la misma cadena de suministro directa o por actores especializados en LR. Así, se pueden detallar actores como los mismos productores, los recolectores, los procesadores, los distribuidores y el mercado (de Brito y Dekker, 2004). Otros actores como los gestores de residuos y organismos de gestión municipal están presentes cuando se desarrollan programas de LR para la gestión de RS municipales (Zhang et al., 2011).

Según Dowlatshahi (2005), los asuntos económicos y ambientales son los principales promotores de la LR; el aspecto económico se ocupa de maximizar la ventaja competitiva de las organizaciones en relación con liderazgo en costos, diferenciación y especialización de mercados y las relaciones con los clientes (González-García, 2008); aunque este aspecto es de gran importancia, Rogers y Tibben-Lembke (1998) afirman que la mayoría de programas de LR en el mundo se han iniciado como respuesta a las fuertes regulaciones ambientales.

Especialmente en Europa, las regulaciones ambientales involucran cuotas de reciclaje, regulaciones de empaque y responsabilidad por retornos (de Brito y Dekker, 2004). Así mismo, se regula la incorporación de los materiales al proceso productivo para cerrar el ciclo de vida de los mismos (Díaz, Álvarez y González, 2004). En Estados Unidos, la legislación tiende a estimular más que a obligar las actividades de reutilización, mediante estrategias como el descuento en impuestos (Guide, Jayaraman y Linton, 2003). A pesar de ser complementarios y aportar al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible, son escasos los estudios que relacionen ambos aspectos (Bloemhof-Ruwaard, Krikke y Wassenhove, 2004).

Uno de los componentes críticos de la LR es la incertidumbre, porque a diferencia de la logística directa es incierto el suministro, la demanda, la calidad y el flujo de materiales que llegan a los centros de reprocesamiento (Beullens, 2004). Para considerar factores como la incertidumbre, la LR se soporta en la Investigación de Operaciones, la cual se ocupa del desarrollo de modelos de optimización para cumplir los objetivos del negocio (Guide y Van Wassenhove, 2009). En este sentido, se han desarrollado modelos cuantitativos de LR que se enfocan en áreas como la planeación de producción y el control de inventarios, transporte y distribución, aspectos económicos, informáticos y computacionales en los negocios y la valoración de impactos ambientales (de Brito y Dekker, 2004).

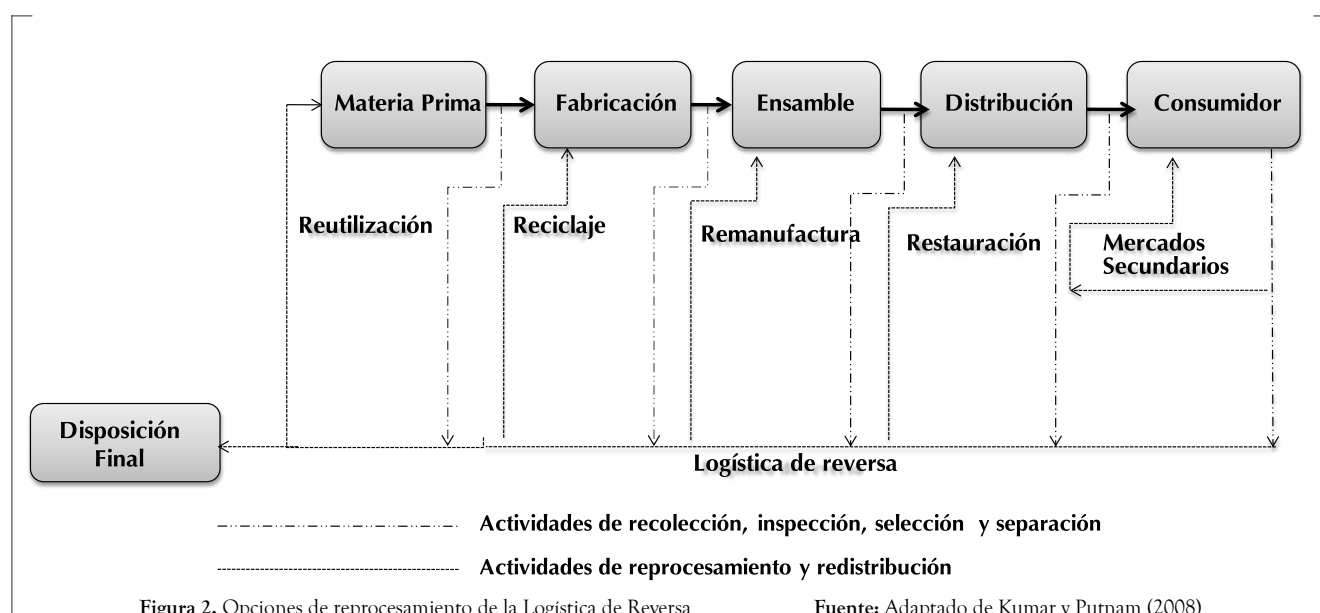


Figura 2. Opciones de reprocesamiento de la Logística de Reversa

Fuente: Adaptado de Kumar y Putnam (2008)

El ciclo de vida del producto es otro aspecto crítico en la LR, ya que dependiendo de la fase en que éste se retorne, así serán las actividades de LR asociadas a las gestión de estos productos (Meade y Sarkis, 2001); además, la relación entre ventas y devoluciones es dinámica según el producto, el cambio tecnológico y el impacto de la publicidad, lo cual determina el soporte que puede ofrecer la LR a la gestión los productos devueltos en cada fase del ciclo de vida (Tibben-Lembke, 2002). Aunque la LR puede apoyar la gestión de los RS en cualquier etapa del ciclo del vida, la mayoría de los artículos consultados hacen énfasis en la aplicación de LR al final del ciclo de vida del producto para responder a las crecientes regulaciones ambientales y la oportunidad de recuperar valor de residuos del posconsumo como los aparatos eléctricos y electrónicos, llantas y automóviles (Dehghanian y Mansour, 2009; Cruz-Rivera y Ertel, 2009; Andiç *et al.*, 2012).

De lo anterior, se identifica la oportunidad de explorar en detalle el respaldo que ofrece la LR para gestionar aquellos residuos que se generan en diferentes etapas del ciclo de vida del producto; estos residuos se pueden aprovechar como alternativa de suministro de materiales costosos y que involucran consumo intensivo de recursos como agua y energía, para su procesamiento; tal es el caso del aprovechamiento de los residuos de aluminio que resultan de la producción de láminas de aluminio (Logozar *et al.*, 2006).

3.1. VÍNCULO DE LA LOGÍSTICA DE REVERSA CON LA GESTIÓN INTEGRAL Y SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS

Las cadenas de suministro como estructuras operacionales que gestionan materias primas y entregan productos al consumidor final (Ballou, 2004), están involucradas en la GISRS representados en excedentes de manufactura, disminución de valor de materiales y productos que llegan al final de su ciclo de vida.

La incorporación en el ciclo productivo de materiales o productos que han perdido o disminuido su valor a través de estrategias como la LR, se considera un factor que cobra mayor importancia entre los aspectos ambientales que se incluyen en la estrategia corporativa,

porque suponen ventaja competitiva al reducir costos económicos y ambientales (Díaz *et al.*, 2004). En la Figura 3 se muestra el papel que tiene la LR en la GISRS independiente de su origen; específicamente se ha resaltado el origen de los residuos industriales porque se relaciona con los sectores productivos, cuyos flujos de RS originados por defectos de manufactura, excesos de inventario o devoluciones, pueden ser gestionados efectivamente a través de las operaciones de LR para reincorporarlos al ciclo productivo.

En ocasiones se tiende a valorar la LR como un estrategia similar a la gestión de RS; sin embargo, de acuerdo con de Brito y Dekker (2004), la LR se diferencia de la gestión de RS porque la primera se orienta a la adición de valor a un producto que lo ha disminuido en algún punto de la cadena de suministro para ser aprovechado y reintegrado a una nueva; mientras que la gestión de RS involucra principalmente la recolección y el tratamiento de materiales al final del ciclo de vida o posconsumo.

A pesar de esta diferencia, la experiencia de empresas en países desarrollados indica que la LR es una solución promisoría para la GISRS porque permite agregar valor a través de actividades como definición de actores principales, optimización de rutas de transporte para la recolección e innovación en la manipulación de materiales, resultando en ventajas estratégicas como la reducción de costos por eficiencia en los procesos y en la disminución de efectos ambientales, aspectos que a su vez les permiten competir en los mercados globalizados (Kinobe *et al.*, 2012).

3.2. APLICACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE REVERSA EN ACTIVIDADES DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Es conveniente hacer una distinción entre logística verde y logística de reversa para comprender sus alcances. Según Rogers y Tibben-Lembke (1998), la primera se ocupa de determinar y minimizar los impactos ecológicos de la logística e incluye actividades como medición del impacto ambiental de varios medios de transporte, reducción de consumo de energía de actividades logísticas y reducción de uso de materiales, mientras que la LR supone el desvío de productos o materiales desde su sitio típico de disposición para ser valorizados. Otros autores como McKinnon (2010) consideran la LR como

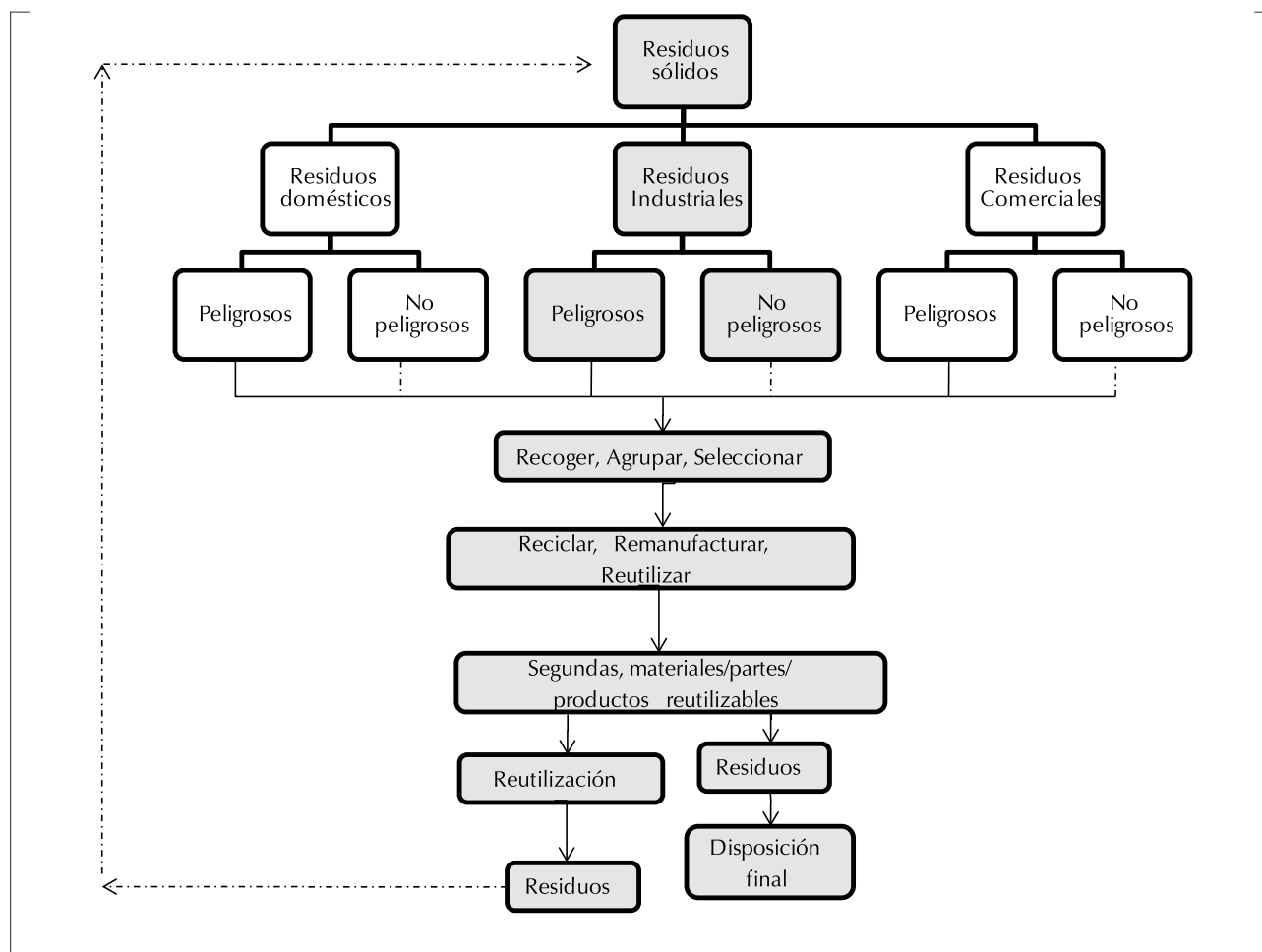


Figura 3. Integración de la logística de reversa y la gestión de residuos sólidos

Fuente: Adaptado de Sun (2005) citado por Huang (2009)

uno de los temas de investigación de la logística verde. La importancia de adelantar programas de LR radica en las limitaciones para la ubicación de los sitios de disposición final, sus altos costos de operación y la prohibición de arrojar ciertos materiales a estos sitios en algunas regiones. A través de la LR también es posible establecer el margen en el cual es viable aprovechar los materiales en lugar de disponerlos y establecer mejoras a los procesos industriales para facilitar su aprovechamiento y valorización (Kinobe *et al.*, 2012). Adicionalmente, la orientación ambiental de la LR privilegia el retorno de los productos y materiales reciclables y reusables en la cadena de suministro directa (González-García, 2008), a través de prácticas como el reciclaje y remanufactura principalmente (Dowlatshahi, 2005), las cuales dependen de factores como el tipo de material y la incertidumbre en el suministro del mismo, tanto en cantidad como en calidad (Beullens, 2004).

Por otro lado, Logozar *et al.* (2006) señalan que para aumentar la efectividad de la LR en el reciclaje, es necesario garantizar la separación en la fuente y además es esencial que el sistema de recolección evite la contaminación de los materiales que pueda alterar el potencial de aprovechamiento existente en los mismos (Prahinski y Kocabasoglu, 2006). Adicionalmente, es primordial la optimización de los costos de transporte para el diseño de una red de LR orientada al reciclaje; en este sentido la cantidad transportada, las distancias de transporte, los costos de energía y operación cobran importancia (Logozar *et al.*, 2006).

Para tomar decisiones de GISRS mediante la LR, es pertinente usar metodologías de valoración de impacto ambiental como el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), así como lo señalaron Daniel, Pappis y Voutsinas (2003) donde los resultados del ACV favorecieron el

desarrollo de la LR para el reciclaje porque en el largo plazo se está evitando llenar la capacidad de los sitios de disposición final, al reducir la cantidad de RS a disponer y conservando los recursos. El ACV también es usado para determinar indicadores ambientales que posteriormente serán el insumo de modelos de optimización que buscan integrar objetivos en conflicto, como los económicos, ambientales y sociales, en decisiones como el diseño de la red LR (Dehghanian y Mansour, 2009).

La LR se presenta entonces como una estrategia que mejora la productividad en esquemas de gestión ambiental porque optimiza las actividades de aprovechamiento como la reutilización, reciclaje y remanufactura, lo que puede conducir a que en los sectores productivos se usen materiales más económicos y respetuosos con el ambiente y adoptar un perfil proactivo en la medida en que gestiona el cumplimiento de las normas.

4. Avances en Colombia frente al aprovechamiento de residuos sólidos e indicadores logísticos

Según Aluna (2011) en Colombia se generaron 26.000 toneladas diarias de RS totales en 2010, se recuperaron y comercializaron el 16%, de los cuales el 60.9% lo aportaron los recuperadores y el 39.1% los empresarios motivados por la necesidad de reducir los costos de producción y por la responsabilidad ambiental. La gestión de los RS en Colombia está contemplada en la Política Nacional para la Gestión de Residuos (Minambiente, 1998), cuyos objetivos son minimizar la cantidad de residuos que se generan, aumentar el aprovechamiento de los residuos y mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final. Para respaldar la política, el Gobierno Nacional promulgó el Decreto 1713 de 2002 en el que se reglamenta la prestación del servicio de aseo, la gestión integral y la disposición final de los residuos (MAVDT, 2002).

A pesar de su inclusión en el marco político general, el aprovechamiento de RS en Colombia presenta limitaciones como la carencia de incentivos para realizar la actividad, por lo que los prestadores del servicio de aseo continúan disponiendo la mayoría de los residuos recolectados; también la baja separación en la fuente,

informalidad en los procesos de producción, distorsión en los precios de comercialización e insuficiente reglamentación de la actividad de aprovechamiento (SSPD, 2011). Adicionalmente, es evidente el direccionamiento del marco normativo nacional hacia la disposición final de residuos en rellenos sanitarios regionales (Marmolejo et al, 2011), tal como se evidencia con la reciente promulgación el reciente Decreto 0920 de 2013 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, MVCT, 2013).

Los avances en las actividades de aprovechamiento están relacionados con el apoyo por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a los programas de gestión ambientalmente adecuada de los residuos posconsumo. Estos programas se basan en el concepto de responsabilidad extendida del productor y en ellos participan activamente importadores, productores y consumidores para el retorno de RS de los sectores de plaguicidas, medicamentos, baterías plomo ácido, pilas y/o acumuladores, llantas, bombillas, aceite usado, refrigeradores en desuso, celulares y computadores y/o periféricos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS, 2013). Adicional a los programas lideradas por el Ministerio, algunas empresas colombianas adelantan programas de gestión de residuos posconsumo en prácticas como el reciclaje de baterías de plomo ácido, vidrio, papel y cartuchos de impresoras (Monroy y Ahumada, 2006).

Cabe señalar que la LR en estos programas está incluida superficialmente dado el énfasis en la responsabilidad extendida del productor, mientras que en la Unión Europea se regula la recuperación de empaques haciendo responsable a los productores de implementar sistemas de LR en los programas de responsabilidad extendida del productor (Unión Europea, 1994). Una situación similar a la de la Unión Europea se presenta en Brasil, donde la Política Nacional de Residuos Sólidos contempla entre sus pilares la LR, confirmando su importancia para fortalecer los programas de GISRS (Araujo, 2011).

En Colombia se identifica la promoción de la GISRS desde los patrones de reducción en la producción y consumo hasta su aprovechamiento y valorización o disposición final; así lo contempla la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (Colombia, 2010), cuyo objetivo es orientar el cambio de los patrones de consumo hacia la sostenibilidad ambiental y contribuir a la competitividad de las empresas y el bienestar de la población.

En efecto, la componente ambiental es uno de los aspectos a incluir en la planeación y desarrollo de los sistemas productivos, como estrategia para incrementar las oportunidades de negocio y la competitividad del país, según lo señala el documento Conpes 3668 (DNP, 2010). Esta consideración impone el reto a los empresarios de usar eficientemente los recursos productivos y valorar las inversiones en materia ambiental como estrategia para visibilizar su operación en los mercados internacionales (DNP, 2010). El reconocimiento de la variable ambiental es una imposición en mercados globalizados involucrados en tratados de libre comercio y más aún en economías en crecimiento que se convierten en atractivo de inversionistas para acceder a nuevos mercados.

Además de representar una oportunidad para respaldar las actividades de aprovechamiento en el marco de la gestión de los RS y de la producción y consumo sostenible, los programas de LR contribuyen al fortalecimiento del sistema logístico de una región y de un país. En el Conpes 3547, Política Nacional Logística (DNP, 2008), se identifican áreas estratégicas de desarrollo en logística, entre las cuales se encuentra la LR como parte de los aspectos logísticos asociados al fortalecimiento de la productividad y competitividad del país a nivel internacional. El Conpes 3547 también resaltó el indicador de eficiencia de las prácticas logísticas denominado el Índice de Desempeño Logístico (IDL), calculado por el Banco Mundial para identificar el avance de las prácticas logísticas como la eficiencia en los procesos de despacho de la mercancía,

la infraestructura para el comercio, la calidad de los servicios logísticos, la trazabilidad y el cumplimiento de los tiempos previstos en despachos y entregas. En el año 2012, Colombia ocupó el puesto 64 entre 155 países, el cual está en el promedio suramericano (Arvis, Mustra, Ojala, Shepherd y Saslavsky, 2012).

Adicional a la formulación de la Política Nacional Logística, estudios como la Encuesta Nacional Logística (Rey, 2008) mostró que sólo el 18% de 322 empresas encuestadas tienen programas incipientes de LR y el 22% tienen estos programas tercerizados. Al comparar las bajas cifras de gestión de RS para el aprovechamiento y la incipiente aplicación de programas de LR en el país (ver Tabla 3), se evidencia el potencial que tiene la LR para respaldar los esquemas de producción sostenible en los sectores público y privado y contribuir a la consolidación de la productividad y competitividad del país.

Del resumen presentado en la Tabla 3 acerca del desarrollo de la LR en Colombia, se puede afirmar que si bien estos estudios aportan a la documentación de las experiencias colombianas, no contemplan aspectos específicos de la aplicación de la LR en la gestión integral y sostenible de RS. Una de las causas de esta carencia podría ser la señalada por de Brito y van der Laan (2010) como la falta de integración holística de la cadena de suministro con la sostenibilidad, porque las cadenas de suministro se ocupan especialmente de asuntos inherentes a la gestión de operaciones y muy poco a asuntos sociales o ambientales.

Autores	Características
Cure, Mesa y Amaya (2006)	<ul style="list-style-type: none"> Aporte de la LR para alcanzar la competitividad de las empresas colombianas Se privilegió la orientación económica sobre la ambiental, porque se recupera el valor de los productos devueltos Se resalta la influencia cultural al considerar las devoluciones como indeseables, desconociendo el efecto positivo de su apropiada gestión a través de la LR
Monroy y Ahumada (2006)	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación de los motivos económicos y ambientales al adoptar la LR Se concluyó que el proceso de recuperación en Colombia es más sencillo porque la industria es menos tecnificada y el mercado colombiano es suficientemente pequeño y cerrado comparado con países desarrollados
Mihi (2007)	<ul style="list-style-type: none"> Comparación entre el avance de la LR en Europa y Colombia destacando que la legislación ambiental colombiana contempla cada vez más aspectos y sectores en los que la aplicación de la LR representa ventaja competitiva.
Pirachicán, Montoya, Halabi, Gutiérrez y Aldaz (2009)	<ul style="list-style-type: none"> Los procesos de LR no se apoyan ni se coordinan por niveles estratégicos de decisión y se orientan principalmente a la práctica del reciclaje

Tabla 3. Principales aspectos de la LR en Colombia

Fuente: Elaboración propia

Otras razones están fundamentadas en el bajo conocimiento que se tienen acerca de las opciones de aprovechamiento para determinados materiales y en la ausencia de motivación ya sea vía la reducción de costos o la legislación relacionada con la gestión de los RS, la cual es muy fuerte en países de Europa y Estados Unidos (Kinobe *et al.*, 2012). Adicionalmente, las empresas en países en desarrollo enfrentan debilidades para la implementación de la LR, siendo uno de los más importantes la escasa legislación ambiental que la fomenta; otros como inequidad, baja disponibilidad de recursos económicos, falta de infraestructura pública y bajos IDL justifican el reducido interés relacionado con aspectos ambientales (Thiell, Soto, Madiedo y van Hoof, 2011).

Según recomiendan Kinobe *et al.* (2012), los sistemas de logística efectivos y eficientes para la apropiada gestión de RS contribuirían a fomentar la recuperación de materiales, es cuestión de trabajar en una propuesta integrada en la que el sector público, privado y la comunidad promuevan soluciones locales para el aprovechamiento y valorización de los RS. Por todo lo anterior, es necesario fortalecer la investigación en la influencia que tiene la LR para respaldar las actividades de recuperación de materiales en cadenas de suministro sostenibles, en armonía con las metas y regulaciones ambientales tanto nacionales como internacionales.

5. Conclusiones

La articulación de los conceptos de LR y GISRS permite fortalecer la integralidad en el análisis del aprovechamiento de los residuos, por cuanto además de reconocer la importancia de la ponderación de los beneficios ambientales y económicos, requiere de la profundización en las relaciones o impactos de las estrategias a implementar con aspectos sociales y culturales; lo cual cobra particular importancia en países como Colombia en donde la recuperación y el aprovechamiento de residuos es una práctica poco interiorizada en los consumidores y en la que tiene una alta participación el sector informal.

El análisis realizado permite concluir que en Colombia, la aplicación de la Logística de Reversa en los sectores productivos es incipiente; si bien los principios básicos son conocidos en contextos como el gubernamental,

el académico y en la misma industria, se limita su aplicación debido a aspectos como el desconocimiento o subvaloración de los efectos ambientales y sociales asociados con la reincorporación de residuos en los ciclos productivos, la falta de desarrollos conceptuales y tecnológicos adaptados al contexto y la existencia de un marco normativo que privilegia la disposición final.

Los requerimientos del mercado internacional en cuanto a la producción ambientalmente amigable o sostenible y la misma condición ambiental del país, demandan una pronta reacción del sector productivo y sus actores relacionados, buscando la competitividad del país. Es un hecho que el éxito de la Logística de Reversa depende de las compañías en sinergia con los consumidores, sector público y academia, en ese sentido es necesario que el marco regulatorio estimule su aplicación y a su vez, tanto el sector productivo como los centros de investigación y desarrollo tecnológico, incluyan el componente ambiental como uno de los pilares de su intervención.

NOTAS

1. Artículo de reflexión producto del proyecto de investigación "Bases para la formulación de modelos de logística de reversa para la gestión sostenible de residuos sólidos en los sectores industriales representativos del Valle del Cauca".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHILLAS, C., VLACHOKOSTAS, C., AIDONIS, D., MOUSSIOPOULOS, IAKOVOU, E. y BANIAS, G. Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of Electrical and Electronic Equipment. En: Waste Management, Vol. 30, No. 12, (2010), p.2592-2600.
2. ANDIÇ, E., YURT, Ö. y BALTACIOĞLU, T. Green supply chains: Efforts and potential applications for the Turkish market. En: Resources, Conservation and Recycling, Vol. 58, No. (2012), p.50-68.
3. ALUNA CONSULTORES LIMITADA Estudio Nacional del Reciclaje y los Recicladores en Colombia. Resumen Ejecutivo. [http://www.cempre.org.co/Documentos/1. Julio 2011.pdf](http://www.cempre.org.co/Documentos/1_Julio_2011.pdf). 2011.
4. ARAUJO, P. F. Análise da logística reversa como ferramenta de gestão de resíduos sólidos. Tesis de Maestría. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro. 2011.
5. ARVIS, J. F., MUSTRA, M. A., OJALA, L., SHEPHERD, B. y SASLAVSKY, D. Connecting to Compete: Trade logistics in the global economy. The Logistics Performance Index and Its Indicators. Washington, DC: The World Bank. 2012.

6. BALLOU, R. H. *Business Logistics/ Supply Chain Management*, New Jersey, Pearson Prentice Hall.2004
7. BEULLENS, P. Reverse logistics in effective recovery of products from waste materials. En: *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, Vol. 3, No. 4, (2004), p.283-306.
8. BLOEMHOF-RUWAARD, J. M., KRIKKE, H. y WASSENHOVE, L. N. V. OR Models for Eco-Eco Closed-loop Supply Chain Optimizacion. En: DEKKER, R., FLEISCHMANN, M., INDERFURTH, K. y WASSENHOVE, L. N. V. (eds.) *Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*. Berlin-Germany: Springer.2004
9. CHRISTENSEN, T. *Solid Waste Technology and Management*. Londres Ed Wiley. 2011.
10. COLOMBIA. *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible*. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010.
11. CRUZ-RIVERA, R., y ERTEL, J. Reverse logistics network design for the collection of end-of-life vehicles in Mexico. En: *European Journal of Operational Research*, Vol 196, No. 3, (2009), p.930-939.
12. CURE, L., MESA, J. C. y AMAYA. *Logística Inversa: Una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones*. En: *Ingeniería y Desarrollo*, Vol. No. 20, (2006), p.184-202.
13. DANIEL, S. E., PAPPIS, C. P. y VOUTSINAS, T. G. Applying life cycle inventory to reverse supply chains: a case study of lead recovery from batteries. En: *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 37, No. 4, (2003), p.251-281.
14. DE BRITO, M. P. y DEKKER, R. A Framework for Reverse Logistics. En: DEKKER, R., FLEISCHMANN, M., INDERFURTH, K. y WASSENHOVE, L. N. (eds.) *Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chain*. Berlin-Germany: Springer-Verlag.2004
15. DE BRITO, M. P. y VAN DER LAAN, E. A. Supply Chain Management and Sustainability: Procrastinating Integration in Mainstream Research. En: *Sustainability*, Vol. 2, No. 4, (2010), p.859-870.
16. DE LA FUENTE, M., ROS, L. y CARDOS, M. Integrating Forward and Reverse Supply Chains: Application to a metal-mechanic company. En: *International Journal of Production Economics*, Vol. 111, No. 2, (2008), p.782-792.
17. DEGHANIAN, F., y MANSOUR, S. Designing sustainable recovery network of end-of-life products using genetic algorithm. En: *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 53, No. 10, (2009), p.559-570.
18. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, DNP. Consejo Nacional de Política Económica y Social; República de Colombia, Conpes 3547, Política Nacional Logística <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3547.pdf> [Acesado Enero 12 2011]. 2008
19. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, DNP Conpes 3668 Informe de seguimiento a la Política Nacional de Competitividad y Productividad ley 1253. 2010.
20. DÍAZ, A., ÁLVAREZ, M. J. y GONZÁLEZ, P. *Logística inversa y medio ambiente*. Mc Graw-Hill Interamericana de España.2004.
21. DOWLATSHAHI, S. A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics. En: *International Journal of Production Research*, Vol. 43, No. 16, (2005), p.3455-3480.
22. FEHR, M. y SANTOS, F. C. Landfill diversion: Moving from sanitary to economic targets. En: *Cities*, Vol. 26, No. 5, (2009), p.280-286.
23. GASPARATOS, A., EL-HARAM, M. y HORNER, M. The argument against a reductionist approach for measuring sustainable development performance and the need for methodological pluralism. En: *Accounting Forum*, Vol. 33, No. 3, (2009), p.245-256.
24. GONZÁLEZ-GARCÍA, J. La Logística Inversa en la Gestión de Residuos Sólidos. en *Ingeniería Química*, Vol. 460, (2008), p.102-109.
25. GONZÁLEZ-TORRE, P. L., ADENSO-DÍAZ, B. y ARTIBA, H. Environmental and reverse logistics policies in European bottling and packaging firms. En: *International Journal of Production Economics*, Vol. 88, No. 1, (2004), p.95-104.
26. GUIDE, V. D. R., JAYARAMAN, V. y LINTON, J. D. Building contingency planning for closed-loop supply chains with product recovery. En: *Journal of Operations Management*, Vol. 21, No. 3, (2003), p.259-279.
27. GUIDE, V. D. R. y VAN WASSENHOVE, L. N. The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. En: *Operations Research*, Vol. 57, No. 1, (2009), p.10-18.
28. HOJAS, J. M., DE CASTRO, R., GOMES, R. A. y GOBBO, J. A. A study of reverse logistics flow management in vehicle battery industries in the midwest of the state of São Paulo (Brazil). En: *Journal of Cleaner Production*, Vol. 19, No. 2-3, (2010), p.168-172.
29. HUANG, J. Contextualisation of Closed-Loop Supply Chains for Sustainable Development in the Chinese Metal Industry. Tesis de Doctorado, University of Nottingham. Inglaterra,2009
30. JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, C. y WOODLEY, J. M. Bioprocesses: Modeling needs for process evaluation and sustainability assessment. En: *Computers y Chemical Engineering*, Vol. 34, No. 7, (2010), p.1009-1017.
31. KINOBE, J. R., GEBRESENBET, G. y VINNERÅS, B. Reverse Logistics Related to Waste Management with Emphasis on Developing Countries—A Review Paper. En: *Journal of Environmental Science and Engineering B1*, Vol. No. (2012), p.1104-1118.
32. KOCABASOGLU, C., PRAHINSKI, C. y KLASSEN, R. D. Linking forward and reverse supply chain investments: The role of business uncertainty. En: *Journal of Operations Management*, Vol. 25, No. 6, (2007), p.1141-1160.
33. KUMAR, S. y PUTNAM, V. Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. En: *International Journal of Production Economics*, Vol. 115, No. 2, (2008), p.305-315.
34. LOGOZAR, K., RADONJIC, G. y BASTIC, M. Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: A case of aluminium industry. En: *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 49, No. 1, (2006), p.49-67.
35. MCKINNON, A. Environmental sustainability: a new priority for logistics managers. En MCKINNON, A., CULLINANE, S.,

- BROWNE, M., y WHITEING, A (eds): Green logistics: Improving the environmental sustainability of logistics. Kogan Page Publishers. (2010), p.3-30.
36. MARMOLEJO, L. Marco conceptual para el aprovechamiento en plantas de manejo de residuos sólidos de poblaciones menores a 20.000 habitantes del norte del Valle del Cauca- Colombia. Tesis de Doctorado en Ingeniería, Universidad del Valle. Colombia, 2011.
37. MIHI, A. Nuevos beneficios de la logística inversa para empresas europeas y colombianas. En: Revista Universidad y Empresa, Vol. 6, No. 12, (2007), p.48-61.
38. MINISTERIO DE AMBIENTE, Minambiente. Política Nacional para la Gestión de los Residuos Sólidos. Bogotá. 1998.
39. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MADS. Gestión de residuos posconsumo: http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?cat_ID=1342&conID=7769. [Accesado Enero 13 de 2013]. 2013.
40. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, MAVDT. Decreto 1713. Prestación del servicio de aseo y la gestión integral de los residuos sólidos : http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_1713_060802.pdf [Accesado Marzo 07 de 2011]. 2002.
41. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, MVCT. Decreto 0920. Por el cual se reglamenta el artículo 251 de la Ley 1450 de 2011 en relación con el incentivo a los municipios donde se ubiquen rellenos sanitarios y estaciones de transferencia regionales para residuos sólidos. 2013.
42. MONROY, N. y AHUMADA, M. C. Logística Reversa: "Retos para la Ingeniería Industrial". En: Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes, Vol. 23, No. (2006), p.23-33.
43. NUNES, K. R. A., MAHLER, C. F. y VALLE, R. A. Reverse logistics in the Brazilian construction industry. En: Journal of Environmental Management, Vol. 90, No. 12, (2009), p.3717-3720.
44. PATI, R. K., VRAT, P. y KUMAR, P. A goal programming model for paper recycling system. En: Omega, Vol. 36, No. 3, (2008), p.405-417.
45. PIRACHICÁN;C, MONTOYA, J. R., HALABI, A. X., GUTIERREZ, E. y ALDAZ, J. On the analysis of strategic and operational issues of reverse logistics practices in Colombia: Presentation of some case studies. En: Computers y Industrial Engineering, 2009. CIE 2009. International Conference on, 6-9 July 2009, p.969-972.
46. PRAHINSKI, C. y KOCABASOGLU, C. Empirical research opportunities in reverse supply chains. En: Omega, Vol. 34, No. 6, (2006), p.519-532.
47. REVERSE LOGISTICS EXECUTIVE COUNCIL. Differences between forward and reverse logistics <http://www.rlec.org/index.html>. 2012
48. REY, M. F. Encuesta Nacional Logística: Resultados del Benchmarking Logístico - Colombia 2008. Atlanta, GA – Estados Unidos de América: Latin America Logistics Center.2008.
49. ROGERS, D. S. y TIBBEN-LEMBKE, R. S. Reverse Logistics and the Environment. En: COUNCIL, R. L. E. (ed.) Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices 1998.
50. SEADON, J. K. Sustainable waste management systems. En: Journal of Cleaner Production, Vol. 18, No. 16-17, (2010), p.1639-1651.
51. SEITZ, M. A. y WELLS, P. E. Challenging the implementation of corporate sustainability: The case of automotive engine remanufacturing. En: Business Process Management Journal, Vol. 12, No. 6, (2006), p.822-836.
52. SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, SSPD. Estudio sectorial de aseo 2010, Bogotá, D.C. 2011.
53. TCHOBANOGLOUS, G. y KREITH, F. Handbook of solid waste management MacGraw-Hill 2002
54. THIELL, M., SOTO, J. P., MADIEDO, J. P. y VAN HOOFF, B. Green Logistics: Global Practices and their Implementation in Emerging Markets. Green Finance and Sustainability.2011.
55. UNION EUROPEA. European Parliament and Council Directive 94/62/EC. 1994.
56. VAN DE KLUNDERT, A. y ANSCHÜTZ, J. Integrated Sustainable Waste Management - the Concept. En: SCHEINBERG, A. (ed.) Experiences from the Urban Waste Expertise Programme (1995-2001).2001.
57. ZHANG, Y. M., HUANG, G. H. y HE, L. An inexact reverse logistics model for municipal solid waste management systems. En: Journal of Environmental Management, Vol. 92, No. 3, (2011), p.522-530.
58. ZHU, Q. y COTE, R. P. Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang Group. En: Journal of Cleaner Production, Vol. 12, No. 8-10, (2004), p.1025-1035.