



Identificación de sectores productivos con potencial de aplicar la logística de reversa: caso Valle del Cauca*

*Claudia Cecilia Peña Montoya***, *Oscar Rubiano-Ovalle****, *Carlos Julio Vidal Holguín*****,
*Luis Fernando Marmolejo Rebellón******, *Patricia Torres Lozada******

Identification of production sectors with potential application of reverse logistics: Valle del Cauca case

Identificação de setores produtivos com potencial de aplicar logística de reversa: caso Valle del Cauca

RESUMEN

Introducción. Los sectores productivos del departamento del Valle del Cauca contribuyen a su desarrollo a través de estrategias de competitividad que involucran temáticas ambientales, relacionadas con la gestión sostenible de residuos sólidos. En este sentido, la logística de reversa es una alternativa que reduce costos e impactos negativos al ambiente asociados a la recuperación de materiales. **Objetivo.** Identificar las cadenas de suministro de algunos

municipios del Valle del Cauca con potencial de adelantar o fortalecer programas de logística de reversa. **Metodología.** A través de un estudio exploratorio que incluyó encuestas, entrevistas, revisión bibliográfica y observación directa, se recopiló información para analizar la situación de los sectores productivos y diseñar mapas de flujo de valor en algunas empresas representativas. **Resultados.** Se encontró que sectores productivos como los de plásticos, azúcar y madera, pulpa, papel, cartón y artes gráficas presentaron características productivas,

* Artículo original derivado de la investigación denominada "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" realizado entre Agosto de 2011 y Agosto de 2012 en la Universidad del Valle, Cali, Colombia ** Candidata a doctorado en Ingeniería Universidad del Valle, Cali. *** Profesor Titular Escuela de Ingeniería Industrial– El Valle Universidad del Valle, Cali-Colombia **** Profesor Titular Escuela de Ingeniería Industrial– El Valle Universidad del Valle, Cali-Colombia ***** Profesor Asociado Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente - EIDENAR Universidad del Valle, Cali-Colombia ***** Profesora Titular Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente - EIDENAR Universidad del Valle

ambientales y competitivas que los clasifican entre los de alto potencial. **Conclusiones.** Los sectores identificados han desarrollado estrategias de gestión de residuos, pero carecen de la implementación de planes formales de logística de reversa en la estrategia

de las empresas para contribuir a la gestión sostenible de residuos sólidos.

Palabras clave: lean, logística de reversa, gestión sostenible de residuos sólidos, sectores productivos, mapas de flujo de valor.

ABSTRACT

Introduction. The production sectors in Valle del Cauca contribute to their development by means of competitiveness strategies that include environmental matters related to the sustainable management of solid waste. In this sense, reverse logistics is an alternative that reduces costs and negative impacts on the environment associated to the recovery of materials. **Objective.** Identify the supply chains of some Valle del Cauca's cities with the potential for the implementation or the strengthening of reverse logistics programs. **Methodology.** By means of an exploratory study that included surveys, interviews, a bibliographical revision and direct observation, the

information necessary to analyze the production sectors' situation was collected. This allowed the design of value flow charts in some representative companies. **Results.** Sectors such as those of plastics, sugar, wood, pulp, paper, paperboard and graphic arts have productive, environmental and competitive characteristics that allow their classification among those with high potential. **Conclusions.** The sectors identified have developed strategies to manage waste, but have no formal reverse logistics plans in their strategies to contribute to the sustainable solid waste management.

Key words: lean, reverse logistics, sustainable solid waste management, production sectors, value flow charts.

RESUMO

Introdução. Os setores produtivos do departamento de Valle del Cauca contribuem a seu desenvolvimento através de estratégias de competitividade que involucram temáticas ambientais, relacionadas com a gestão sustentável de resíduos sólidos. Neste sentido, a logística de reversa é uma alternativa que reduz custos e impactos negativos ao ambiente associados à recuperação de materiais. **Objetivo.** Identificar as cadeias de subministro de alguns municípios de Valle del Cauca com potencial de adiantar ou fortalecer programas de logística de reversa. **Metodologia.** Através de um estudo exploratório que incluiu enquetes, entrevistas, revisão bibliográfica e observação direta, se recopilou informação para

analisar a situação dos setores produtivos e desenhar mapas de fluxo de valor em algumas empresas representativas. **Resultados.** Se encontrou que setores produtivos como os de plásticos, açúcar e madeira, polpa, papel, papelão e artes gráficas apresentaram características produtivas, ambientais e competitivas que os classificam entre os de alto potencial. **Conclusões.** os sectores identificados desenvolveram estratégias de gestão de resíduos, mas carecem da implementação de planos formais de logística de reversa na estratégia das empresas para contribuir à gestão sustentável de resíduos sólidos.

Palavras chave: leiam, logística de reversa, gestão sustentável de resíduos sólidos, setores produtivos, mapas de fluxo de valor.

INTRODUCCIÓN

La actividad de manufactura está en aumento en el ámbito global, pero particularmente en países en desarrollo, debido al incremento de la población y el bajo costo de la mano de obra (Bain, Shenoy, Ashton & Chertow, 2010, 1278); este hecho trae consecuencias como el incremento

de los residuos sólidos generados por procesos de producción o consumo, los cuales son considerados como el reflejo de la pérdida de materiales y prueba de las prácticas ineficientes de producción y consumo insostenibles; lo cual proporciona restricciones para su gestión (Sarkis & Dijkshoorn, 2005, 48). Un enfoque

holístico a esta situación lo representa la gestión sostenible de residuos sólidos (GSRS) al considerar fundamental el compromiso de múltiples actores y requerimientos de tipo ambiental, económico, legal, social y cultural (Marmolejo, 2011, 16). Adicionalmente, se requiere de estrategias que adicionen valor a la GSRS representadas en la posibilidad de hacer más eficientes las actividades que la integran; en este sentido la logística de reversa (LR) suministra oportunidades para que las empresas gestionen la recuperación de valor de productos que lo han perdido en algún eslabón de la cadena de suministro y se puedan reintegrar al ciclo productivo, a la vez que son más ecológicas por evitar la disposición inapropiada (Dowlatshahi, 2005, 3456). Según Rogers y Tibben-Lembke (1998, 2) y De Brito (2003, 19), 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 y productos en devolución, desde el punto de consumo hasta un punto de recuperación o disposición adecuada. Las bondades de la LR se han abordado desde diferentes integraciones metodológicas como la logística de reversa lean. El término *lean*¹ fue introducido por Womack, Jones y Roos (1990), e incorpora el uso de menor cantidad de insumos para crear salidas similares a los sistemas de producción en masa, pero ofreciendo valor al consumidor final y según Madsen, Nygreen, Oizumi, y Aoyama (2009, 6) es posible mejorar la LR a través de la teoría *lean*, al obtener el mapa de flujo de valor de la situación actual, identificando y analizando los residuos generados.

En Colombia y especialmente en el departamento del Valle del Cauca, la combinación de los enfoques de GSRS y LR ha sido poco explorada y las reducidas experiencias que se reportan han sido fundamentadas en las de empresas extranjeras que operan en condiciones distintas (Peña Montoya, Torres Lozada, Vidal Holguín & Marmolejo Rebellón, 2013, 236). Según Ramírez,

Parra-Peña, González y Corredor (2014, 39), el departamento del Valle del Cauca ocupa un nivel alto con progreso constante en el escalafón de competitividad departamental, sobresaliendo en dos de los seis factores de competitividad evaluados, como capital humano e infraestructura. La capital del departamento, Santiago de Cali, es la tercera ciudad más importante de Colombia y otros municipios intermedios como Palmira, Yumbo y Jamundí se destacan por su dinamismo económico.

El departamento se clasifica en el grupo 3 de los departamentos que generan entre 1.000 y 7.500 toneladas de residuos sólidos diarios (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, [SSPD] 2011). Aproximadamente el 90 % de los municipios del departamento gestionan sus residuos sólidos a través de rellenos sanitarios, celdas transitorias y plantas de aprovechamiento y el 90 % de los residuos sólidos generados van a disposición final en el relleno sanitario regional ubicado en Yotoco, el cual sirve a 11 municipios del departamento (SSPD, 2011).

Algunas experiencias relacionadas con la LR en el Valle del Cauca son principalmente el resultado de trabajos de grado y de investigación de maestría realizados en universidades de la ciudad de Cali (Pérez, 2005, 68; Arias & Calpa, 2006, Zúñiga, & Cuéllar, 2007; Montero, & Riascos, 2012) en los cuales se afirma que la aplicación de la LR en sectores productivos del departamento es incipiente y carece de continuidad y monitoreo, lo cual incide en la debilidad de la actual aplicación de la estrategia para respaldar esquemas sostenibles de gestión ambiental orientados a la efectiva gestión de los residuos sólidos. No obstante, la mayoría de las empresas estudiadas siguen los lineamientos del Plan Gestión Integral de Residuos Sólidos de Cali, PGIRS (Alcaldía de Santiago de Cali, 2009), el cual está orientado a fortalecer la gestión de residuos sólidos (GRS) en los sectores industrial y comercial a partir de los fundamentos de la

1. *lean* traduce al español esbelta o ágil; sin embargo, se ha acuñado el término *lean* al idioma español

producción más limpia (PML) y la responsabilidad social empresarial (RSE). En este artículo se identificaron los sectores productivos del Valle del Cauca con potencial de iniciar o continuar programas de LR para la GSRS partir de los residuos generados en la misma empresa y teniendo en cuenta las condiciones del entorno y las propias; a través de un análisis exploratorio y los mapas de flujo de valor. Posteriormente se presentan los resultados, discusión y finalmente las conclusiones.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de literatura sobre los principales temas abordados en este artículo para obtener suficientes antecedentes y experiencias que permitieran documentar la elección de los sectores productivos representativos para iniciar o continuar programas de LR y se empleó la integración de diferentes metodologías divididas entre diagnóstico y validación, según se detallan a continuación:

Diagnóstico

Se realizó un análisis bibliográfico de documentos académicos, gubernamentales y empresariales

para soportar la elección de los sectores productivos; este análisis se fundamentó en aspectos de competitividad y ambientales, incluyendo la gestión de residuos sólidos en los sectores considerados representativos para el Valle del Cauca. Estos documentos provenían de entidades como el Departamento Nacional de Planeación, DNP; Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE; Asociación Nacional de Industriales, ANDI y Cámaras de Comercio de Cali y de Palmira. Además, se consultó información de organismos de control ambiental como la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC; Departamento Administrativo de Gestión Medio Ambiental, DAGMA y documentos gubernamentales como los del Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES; agendas sectoriales y guías ambientales.

Adicionalmente, se diseñó y aplicó una encuesta cuya información general se resume en la Tabla 1. El objetivo de la encuesta fue evaluar las opciones de gestión de materiales por devoluciones o final del ciclo de vida y la aplicación de programas de LR.

Tabla 1. Información general de la encuesta

Características	Resultados	Detalle
Variables	Información general	
	Gestión de residuos	
	Logística de reversa	
Número de encuestas realizadas	103	
Análisis realizado	Descriptivo	Frecuencias en las respuestas y su respectivo análisis
	Cruce de variables	Variable principal: el conocimiento de las personas acerca de la LR y su relación con el subsector industrial, la profesión y la aplicación de la LR en las empresas
Sectores que respondieron	(79) Industrial y (24) entre agroindustrial, comercial, energético y de servicios.	

Fuente: elaborado por el autor

Validación

Se tomaron los resultados de la etapa de diagnóstico para realizar visitas técnicas a empresas, determinando previamente el tamaño de la muestra entre los sectores identificados y realizando la convocatoria a las empresas elegidas con la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia (McMillan & Schumacher, 2004). Esta técnica se caracteriza por su esfuerzo deliberado de obtener “muestras representativas” mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos de la población objeto de estudio, por tanto se cubre la muestra con los individuos a los que se tiene fácil acceso o que son seleccionados intencionalmente por el investigador y para el análisis de los resultados se propuso un estudio de caso donde se analizaron las prácticas actuales sin que sea posible generalizar por sectores o por ciudades. La escogencia de este método se debió a la dificultad para acceder los datos de las operaciones, la generación y GRS en las empresas.

Se realizaron las visitas técnicas a las empresas que respondieron positivamente la convocatoria, permitiendo el acceso a las instalaciones y a la recopilación de información general; con la información recopilada, se analizaron aspectos de la GRS y la aplicación de la LR; además, se elaboraron los mapas de flujo de valor (*Value Stream Mapping*, VSM), herramienta *lean* empleada para reorganizar los sistemas de producción al capturar flujos de proceso, de materiales y de información de una determinada familia de productos, ayudando a identificar residuos en un sistema (Liker, 2004, 37).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico

El Departamento Nacional de Planeación, DNP (2007), señaló que la industria del Valle del Cauca priorizó las cadenas de pulpa, papel, impresión y artes gráficas, el cuero y sus manufacturas y la elaboración de prendas de vestir, con base en la experiencia e indicadores productivos

alcanzados en estos sectores; en la agroindustria se priorizó la cadena productiva de la caña de azúcar. Todos estos sectores se consideraron estratégicos debido a las fortalezas que la región ha alcanzado en ellos y el potencial que tienen para sintonizarse con las tendencias del comercio mundial.

No obstante, la priorización no consideró aspectos relacionados con la gestión de los residuos sólidos que se generan en las unidades productivas, lo cual según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012), debe estar orientado a fortalecer el aprovechamiento y valorización de residuos con potencial de recuperación, así como instrumentar de forma articulada la gestión hacia la minimización en la generación asociada a la producción y al consumo responsable.

La información recopilada mediante el análisis bibliográfico se organizó en la tabla 2, a partir de la composición por subsector industrial reportado por la Cámara de Comercio de Cali y se complementó con información que permitió comparar aspectos competitivos, productivos, ambientales y los avances reportados por la literatura de cada sector en el tema de LR.

Aunque la composición por subsector industrial reportado por la Cámara de Comercio de Cali no incluía los sectores de plástico y azúcar, éstos se incluyeron en esta investigación debido a su relevancia en aspectos ambientales y de competitividad.

Entre los aspectos ambientales de los sectores mostrados en la tabla 2, se compararon los consumos de energía y agua, ya que son la base para determinar indicadores de huella de carbono y huella hídrica, respectivamente y reducciones en estos aspectos representan gran potencial para la competitividad de las empresas, mientras contribuyen al desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, [MAVDT], 2010).

De la tabla 2 también se observa que los sectores de alimentos, bebidas, tabaco, madera,

Tabla 2. Comparación de sectores representativos en el Valle del Cauca

Sector	% variación en ventas 2009-2010 ¹	Prioridad Valle del Cauca ²	Consumo de recursos		Inversión en gestión de residuos sólidos 2010 ⁴	Aplicación logística reversa (Ref)
			Energía kWh ³	Agua		
Confecciones	1.9	3	78.102.183	13 % ⁱ	4.479.875	De Brito, Carbone y Blanquart (2008)
Metalmecánico	-25.6	No	160.865.392		4.287.663	Logozar, Radonjic y Bastic (2006)
Alimentos, bebidas y tabaco	-14	No	952.369.664		25.753.662	Hung, Ma y Yang (2007)
Madera, pulpa, papel, cartón y artes gráficas	4	I	690.675.793		10.976.949	Pati, Vrat, y Kumar (2008)
Plástico	7.7	No	149.546.765		6.932.547	Coelho, Castro y Gobbo, (2011); Bing, Bloemhof-Ruwaard y Van Der Vorst (2014)
Azúcar	27.6 ⁵	I (agroindustria)	6027.8 ⁶	54 % ⁱⁱ	53.141 ⁷	----

1. Informe de Coyuntura Económica Regional

2. Agenda de competitividad del Valle del Cauca

3. Colombia variables principales según departamentos Bogotá D:C y grupos industriales, Total Nacional 2010 Encuesta Anual manufacturera DANE.

4. Encuesta ambiental industrial 2010, DANE datos agregados Colombia, miles de pesos corrientes

5. Crecimiento nacional reportado por Asocaña Informe Asocaña 2011-2012

6. GJ por tonelada métrica, Informe Asocaña 2011-2012 (Valle del Cauca)

7. Millones de \$ de 2011

Nota: Las cifras del consumo de recursos y la inversión en gestión de residuos sólidos están referidas a total reportado para los sectores en Colombia, no hay datos disponibles por región y por sector.

i. Total de consumo de agua por uso industrial Política de Producción y consumo sostenible

ii. Total consumo por uso agrícola

Fuente: elaborado por el autor

pulpa, papel, cartón y artes gráficas son los que más consumen energía; sin embargo, la industria en general consume el 13 % del total de consumo de agua comparado con el intensivo consumo de la agroindustria, el cual es del 54 % del total usado en Colombia principalmente en riego. Además, la inversión en GRS da cuenta de las iniciativas que adelantan los sectores en torno al aprovechamiento de materiales y el cuidado del ambiente; siendo los sectores de alimentos, bebidas y tabaco; madera, papel, cartón, y artes gráficas y plásticos los que más invierten en este sentido. Adicionalmente, existe literatura científica que hace referencia a experiencias de LR en los sectores mostrados en la tabla 2, lo cual indica

que la LR se ha venido aplicando progresivamente en diferentes sectores para la GRS.

Los sectores que mostraron crecimiento significativo en 2009 fueron los de madera, pulpa, papel, cartón y artes gráficas, plásticos y azúcar; siendo el primero representativo en la industria según la Agenda de Competitividad del Valle del Cauca y el último, en la agroindustria (Departamento Nacional De Planeación, [DNP], 2007). Por su parte, el sector de plásticos no está entre los prioritarios de la agenda, pero demuestra su dinamismo en inversión para la gestión de residuos sólidos y ha presentado crecimiento positivo en el ámbito nacional.

Con el análisis conjunto de la encuesta y la bibliografía, se identificó que la industria del Valle del Cauca representada por los subsectores de la madera, pulpa, papel, artes gráficas y de plásticos, así como el sector agroindustrial representado por la cadena de la azúcar, demuestran oportunidades para iniciar o continuar programas de LR para la GRS.

En relación con la encuesta, de las 103 personas que la respondieron, el 75 % reportaron la aplicación de programas de aprovechamiento de residuos sólidos como iniciativa para aplicar programas de LR. Adicionalmente, se determinó que los procesos productivos eran el principal origen de los residuos sólidos (45 %).

El 70 % de las personas encuestadas reportaron que no usan herramientas técnicas como modelos para fundamentar la GRS, en su lugar se basan en la experiencia y en los lineamientos de normas técnicas como la ISO 14000; el 11 % considera que no aplica para el caso de sus empresas y el 19 % se basa en los planes de gestión de residuos sólidos.

Las razones más importantes para incorporar la LR en la estrategia corporativa fueron la recuperación de valor (57 %) y mantener un canal limpio (44 %); es decir, obtener valor económico mediante la recuperación de materiales y mantener bajos y actualizados niveles de inventarios respectivamente. Los resultados coinciden con los de Monroy y Ahumada (2006, 31), quienes reportaron que la motivación económica era importante para seis empresas de diferentes sectores para implementar la LR.

Esta tendencia podría variar al analizar los sectores por separado ya que las respuestas provienen de personas laborando en diversos sectores y se ha comprobado que cada sector presenta diferentes razones para adelantar programas de LR (Feitó & Cespón, 2010, 5; Pirachicán, Jarrin, Guevara & Bernal, 2011, 9; Jarrín, Ramírez & Castellón, 2012, 9). Para complementar el análisis de la encuesta, se definió como variable principal el conocimiento de los encuestados acerca de la LR y se encontró que de los 103 encuestados,

64 conocían de la aplicación de la LR. De las 64 personas, 28 laboran en el subsector plásticos y 13 personas en el subsector de papel, el resto se distribuían en sectores como alimentos, automotriz y metalmecánico. Entre las personas que conocían de la LR, 31 eran ingenieros y 10 eran tecnólogos y técnicos de las áreas operativas de las empresas para las cuales laboraban, lo cual es consistente con el área productiva donde tiene mayor aplicación actualmente la LR (Rubio, Chamorro & Miranda, 2008, 1108).

De las 64 personas que conocían de LR, 25 aplicaban los principios en las empresas donde laboraban, mientras que de las 39 personas que no conocían el término, 13 de ellas reconocieron que sí desarrollaban algunas actividades relacionadas con LR.

De los dos tipos de análisis de la encuesta, se puede observar que las personas que laboraban en empresas industriales poseían algún conocimiento base relacionado con la LR y también encontraban mayores posibilidades de gestionar residuos sólidos para recuperar valor y mantener un canal limpio. Esto se explica porque las empresas industriales requieren de materias primas, en algunos casos, escasas y costosas, que deben ser utilizadas eficientemente (Kumar & Putnam, 2008, 307).

Finalmente, se confirman los resultados de Janse, Schuur y De Brito (2010, 496) y Stewart y Ijomah (2012, 560) ya que no se materializan las oportunidades para recuperar valor económico a través de actividades como la reutilización o el reciclaje respaldados con modelos de LR. Particularmente, se reconoce la LR como un concepto aislado de la estrategia corporativa de las empresas y por tanto no se valoran ni económica ni ambientalmente los esfuerzos incipientes por aprovechar y valorizar los residuos sólidos.

Validación

El muestreo por conveniencia se realizó con base en los sectores identificados en el análisis bibliográfico y la disponibilidad de acceso inicial a las empresas de la región que representaban esos

sectores, para recopilar información relacionada con la generación y GRS. A la convocatoria realizada, respondieron positivamente cinco empresas que pertenecían a los sectores elegidos y presentaban diferentes tamaños. En ellas se realizó un estudio exploratorio a partir de las visitas técnicas, las cuales se iniciaron en noviembre de 2011 y concluyeron en junio de 2012. La información general de las empresas se muestra en la tabla 3.

Como se puede observar de la tabla 3, se trabajó en empresas consolidadas con más de 30 años de operaciones, las cuales adelantan

acciones orientadas al cuidado del ambiente y al cumplimiento de las regulaciones en el mismo sentido.

Específicamente en el aspecto de residuos sólidos, las empresas tienen procesos estandarizados que están implementando y mejorando para organizar la información relacionada con la GRS y de este modo, identificar el valor residual presente en los materiales. Los residuos generados en las empresas, se relacionan en gran medida con sobrantes de producción, residuos de oficinas y actividades de mantenimiento de edificios y máquinas.

Tabla 3. Información general de las empresas

Empresa	Sector	Número de empleados	Principales productos	Años operando	Asociaciones
A	Papel	400	Papel para imprenta, escritura y oficina	50	Cámara de Comercio del Cauca, ANDI
B	Artes gráficas	1.500	Cuadernos cosidos, grapados y argollados, sobres, AZ y libros de contabilidad	40	Cámara de Comercio de Cali, ANDI
C	Madera	53	Estibas, huacales, accesorios, carpintería, reparación de estibas	30	Cámara Comercio de Palmira, ASOMAVALLE ¹
D	Plástico	100	Tapas plásticas y componentes de baterías	40	Cámara Comercio de Cali, ACOPI
E	Plástico	600	Automotor: lámparas, espejos, sillas; artículos para el hogar	40	Cámara de Comercio de Cali

1. Asociación de Madereros del Valle

Fuente: elaboración propia

Las actividades de LR que se realizan para la GRS en las empresas del presente estudio, no eran reconocidas como tal, sino más bien como actividades propias de la GRS como la separación o el almacenamiento. Por lo tanto, a partir de la información recopilada se relacionaron en la tabla 4 aquellas acciones que se adelantan en las cinco empresas para gestionar los residuos sólidos con base en la clasificación de las actividades de LR propuesta por Gómez (2010, 69).

Esta clasificación permitió confirmar que las empresas sí realizan acciones de LR, pero la experticia en LR es insuficiente y tampoco se le considera como un aspecto estratégico para incluir en la planeación de las empresas, ya que en las empresas se tiende a subvalorar las prácticas organizadas y sistemáticas relacionadas con la gestión de los residuos sólidos (Zúñiga & Cuéllar, 2007).

En este sentido, González-Torre, Álvarez, Sarkis, y Adenso-Díaz (2010, 901) señalaron que para el caso de España el tamaño de las empresas influye en la manera como se abordan las barreras externas para emprender programas de LR, ya que las de mayor tamaño disponen de capital y habilidades para superar barreras para adelantar programas de LR orientados ambientalmente.

Para realizar el VSM se eligió un producto, proceso o área de cada empresa que se caracterizara por generar mayor cantidad de residuos sólidos y se definió un tiempo de observación (días, semana, mes, año, entre otros) o un promedio dependiendo de la disponibilidad de datos para cada caso. Los VSM no se muestran por razones de espacio, pero están disponibles a solicitud del lector. Mediante el uso del VSM se pudieron identificar los flujos

que involucran la generación de residuos sólidos y aprovechamiento de materiales en una sección de la unidad productiva tanto al interior como exterior de la misma, para cuantificarlos y generar registros en el mediano plazo que proporcionen información del valor económico recuperado e impactos ambientales negativos evitados.

Al cuantificar estos flujos se obtuvo la tasa global de valor agregado de materiales y se identificaron oportunidades de LR. Al comparar la información recopilada en las cinco empresas a través del VSM, se construyó la tabla 5, de la cual se concluye que aunque no todo el material usado en el proceso termina en el producto, aquella cantidad de material que no agrega valor se aprovecha para otros usos dentro de la misma empresa o fuera de ella.

Tabla 4. Procesos de logística de reversa identificados

Empresas Actividades de LR	A	B	C	D	E
Recolección	Empresa de aseo	Interna por operarios y personal de aseo, externa por empresa de aseo	En camiones de la empresa, para recoger estibas de los clientes a reparar y entregar las reparadas	Por los operarios en repetidas ocasiones durante el día	Por los operarios en repetidas ocasiones durante el día
Inspección, selección, clasificación de productos recuperados	Separación en la fuente, recipientes por código de colores	Separación en la fuente: residuos sólidos comunes, reciclables y peligrosos	Las partes dañadas se dejan en la sección de retales	Se inspecciona en la estación de trabajo entre material contaminado y apto para recuperar	Los operarios inspeccionan y separan en bolsas los residuos sólidos, según sean rebabas, espigos o material no conforme
Recuperación directa del producto	Los residuos aprovechables son comercializados; la chatarra es donada a una fundación	Devoluciones con daños menores	Marcación errada o se devuelve el producto porque requiere más secado	Bolsas plásticas y cajas de cartón	Bolsas plásticas, residuos de archivo, papel periódico, papel kraft, cajas de cartón

Continuación tabla 4.

Actividades de LR	Empresas				
	A	B	C	D	E
Transformación, tratamiento y disposición final	Empresa de aseo	En el área de aprovechamiento se transforma el material en pacas y se vende	Las estibas se reparan. Retales para posterior uso o venta	Material no conforme y ramas se trituran en los molinos y se incorporan al proceso como remolido	Se muelen los espigos, rebabas y producto no conforme, el material molido se reintegra al proceso productivo
Transporte	Empresa de aseo; los residuos peligrosos son transportados por las empresas especializadas	Operarios y personal de aseo, personas que compran los residuos aprovechables	Se realizan en los carros de la empresa, aproximadamente dos veces por semana	El interno lo realizan los operarios y el externo un tercero	Internamente lo realizan los operarios y externamente un tercero
Almacenamiento	Centro de acopio adecuado para cada tipo de residuo; la chatarra cuenta con un patio especial	Centro de acopio y área de aprovechamientos industriales	La empresa cuenta con un almacén propio con capacidad para 1500 estibas de reparación	Material remolido	Material remolido

Fuente: elaborado por el autor

Considerando que las unidades de medida de los flujos de material y los períodos de observación no son homogéneas entre empresas y además, la complejidad y la variabilidad de los procesos en las mismas, se observa que la mayoría de las empresas tienen valores de aprovechamiento de los materiales estudiados cercanos al 100 %, lo cual confirma que los sectores elegidos presentan avances en los procesos de aprovechamiento intra o interempresarial, aunque no los denominen formalmente como estrategia de LR.

En el caso de la empresa A se observa por ejemplo que el porcentaje de material que no agrega valor en el producto elegido, en relación con la cantidad de material usado en el proceso, es del 77.6 %; sin embargo, se aprovecha el 98 % de esta cantidad mediante la gestión con entidades externas.

La naturaleza propia del proceso da origen a esta cantidad de material considerado con pérdida de valor, a pesar de la investigación continua que tiene la empresa en la optimización de los procesos productivos.

Tabla 5. Principales hallazgos del VSM

Empresa	Proceso/ Producto/Área	Material usado en el proceso ¹	Material añadiendo valor	Material con pérdida de valor ²	% Material aprovechado
A	Producto: papel bond	1000 ton/día	377 ton/día	776 ton/día	98%
B	Producto: cuaderno grapado	262.766,62 kg/ mes	255.865,10 kg/ mes	7.360,81 kg/mes	96.9%
C	Proceso: Corte estiba	1.314.085 pulg/trim	948.888 pulg/ trim	338.489 pulg/trim	100%
D	Material: Resina	71.960,63 kg/ mes	67.684,63 kg/mes	4.276 kg/mes	98.8%
E	Área: Plástico	90.712 kg/mes	82.842 kg/mes	7.870 kg/mes	100%

1. Principal material utilizado; sin embargo, en el proceso se adicionan otros

2. Material que no termina en el producto final

Fuente: elaborado por el autor

CONCLUSIONES

Los sectores industriales identificados en este estudio presentan altas posibilidades de emprender programas de logística de reversa porque utilizan materia prima escasa y costosa, la cual está siendo aprovechada con el fin de recuperar valor, reducir costos y evitar efectos adversos al ambiente y la sociedad. Además, se encontró que tanto empresas grandes como medianas y pequeñas emprenden acciones dirigidas a gestionar los residuos sólidos con planes que involucran principalmente la separación y reutilización de materiales.

Sin embargo, aún lo hacen de manera empírica y sin registro sistemático de datos como residuos sólidos generados, opciones de gestión realizadas y valor económico del material recuperado que puedan suministrar información importante para generar indicadores de control y seguimiento que faciliten la implementación de programas formales de logística de reversa.

El mapa de flujo de valor permitió identificar los flujos directos y de reversa de materiales y de información; el flujo de reversa se está iniciando en algunas empresas en el ámbito intraempresarial como opción para reducir costos de materia prima; sin embargo, otros alcances que contempla la logística de reversa

como planeación de inventarios, optimización del transporte y diseño de la red permanecen inexplorados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía De Santiago De Cali. (2009). *Evaluación y ajuste del Plan de gestión de Residuos Sólidos PGIRS 2004-2019*. Departamento Administrativo de Planeación Municipal.
- Arias, G. y Calpa, J. (2006). Modelo matemático dinámico para un sistema de producción aplicado a empresas regionales que utilicen logística inversa con procesos de reciclaje. *Tesis de Maestría Ingeniería Industrial*. Universidad del Valle - Cali.
- Bain, A., Shenoy, M., Ashton, W. y Chertow, M. (2010). Industrial symbiosis and waste recovery in an Indian industrial area. *Resources, Conservation and Recycling*, 54 (12), 1278-1287.
- Bing, X., Bloemhof-Ruwaard, J. M., & Van Der Vorst, J. (2014). Sustainable reverse logistics network design for household plastic waste. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26 (1-2), 119-142.
- Coelho, T., Castro, R., y Gobbo, J. (2011). PET containers in Brazil: Opportunities and challenges of a logistics model for post-consumer waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 291-299.

- De Brito, M. P. (2003). Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management? *PhD Thesis*, Erasmus University Rotterdam, Rotterdam.327.
- De Brito, M., Carbone, V. y Blanquart, C. M. (2008). Towards a sustainable fashion retail supply chain in Europe: Organisation and performance. *International Journal of Production Economics*, 114 (2), 534-553.
- Departamento Nacional de Planeación, DNP. (2007). Agenda Interna para la productividad y la competitividad. Documento regional Valle del Cauca, Bogotá, D.C.
- Dowlatshahi, S. (2005). A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics. *International Journal of Production Research*, 43 (16), 3455-3480.
- Feitó, M., y Cespón, R. (2010). Estudio empírico sobre las estrategias de logística inversa en el sector industrial de la provincia de Villa Clara (Cuba). *Ingeniería Industrial*, 30 (3), 1-6.
- Gómez, R. A. (2010). Logística inversa un proceso de impacto ambiental y productividad. *Producción + Limpia*, 5 (2), 63-76.
- González-Torre, P., Álvarez, M., Sarkis, J. y Adenso-Díaz, B. (2010). Barriers to the Implementation of Environmentally Oriented Reverse Logistics: Evidence from the Automotive Industry Sector. *British Journal of Management*. 21 (4), 889-904.
- Hung, M. L., Ma, H. W., y Yang, W. F. (2007). A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management. *Waste Management*, 27 (2). 209-219.
- Janse, B., Schuur, P., y de Brito, M. P. (2010). A reverse logistics diagnostic tool: the case of the consumer electronics industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47 (5), 495-513.
- Jarrín, J., Ramírez, P. y Castellón, F. (2012). Análisis y caracterización de la logística inversa en el sector de papel de Colombia: caso estudio. *Proyecto de investigación Institucional*. Universidad de la Sabana, Bogotá, D.C.
- Kumar, S., y Putnam, V. (2008). Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. *International Journal of Production Economics*, 115 (2). 305-315.
- Liker, J. K. (2004). The 14 principles of the Toyota way: an executive summary of the culture behind TPS. *The Toyota Way*, 14, 35-41.
- Logozar, K., Radonjic, G., y Bastic, M. (2006). Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: A case of aluminium industry. *Resources, Conservation and Recycling*. 49 (1). 49-67.
- Madsen, M., Nygreen, J., Oizumi, K. y Aoyama, K. (2009). Framework for Reverse Lean Logistics to enable Green Manufacturing. *EcoDesign*, Conference, Sapporo, Japón. 1-6.
- Marmolejo, L. (2011). 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, Cali-Colombia. 202.
- Mcmillan, J. H., y Schumacher, S. (2001). Research in education: A conceptual approach. New York, Addison Wesley Longman, Inc.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MINAMBIENTE. (2012). Gestión Integral de Residuos Sólidos, Un reto: La responsabilidad extendida y el aprovechamiento de residuos postconsumo Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=1273&conID=7727&pagID=9116>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, MAVDT. (2010). Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible, Bogotá D.C.
- Monroy, N., y Ahumada, M. C. (2006). Logística Reversa: "Retos para la Ingeniería Industrial". *Revista de Ingeniería*, Universidad de los Andes, 23. 23-33.
- Montero, C y Riascos, N. (2012). Modelo Multicriterio para la evaluación de la aplicación de programas de logística reversiva caso aplicativo: empresa típica del Valle del Cauca. *Trabajo de grado Ingeniería Industrial*. Universidad del Valle – Cali.
- Pati, R. K., Vrat, P., y Kumar, P. (2008). A goal programming model for paper recycling system. *Omega*, 36 (3). 405-417.
- Peña Montoya, C. C., Torres Lozada, P., Holguín Vidal, C. J., Marmolejo Rebellón, L. F. (2013). La logística de reversa y su relación con la gestión integral y sostenible de residuos sólidos en sectores productivos. *Revista Entramado*, 9 (1), 226-238.

- Pérez, T. (2005). Logística Inversa (Reversiva): caso de aplicación en dos empresas del Valle del Cauca, *Trabajo de grado Administración de Empresas*. Universidad ICESI- Cali, 68.
- Pirachicán, C., Jarrin, J., Guevara, C. y Bernal, J. (2011). Análisis y caracterización de la logística inversa de baterías recargables en Bogotá. Proyecto de investigación Institucional. Universidad de la Sabana, Bogotá, D.C.
- Ramírez, J. C., Parra-Peña, R. I., González, L. y Corredor, A. (2014). Escalafón de la competitividad de los departamentos de Colombia, 2012-2013. Serie Estudios y Perspectivas-Bogotá No 27. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Ramírez, J y Parra, R. (2010). Escalafón de la competitividad de los departamentos en Colombia, Serie *Estudios y Perspectivas Económicas* 21, Naciones Unidas. 1-139.
- Rogers, D. S., y Tibben-Lembke, R. S. (1998). Reverse Logistics and the Environment. *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. University of Nevada: Reverse logistics Executive Council (Ed.). Chapter 1.(p-281).
- Rubio, S., Chamorro, A. y Miranda, F. J. (2008). Characteristics of the research on reverse logistics (1995-2005). *International Journal of Production Research*, 46(4). 1099-1120.
- Sarkis, J., y Dijkshoorn, J. (2005). *An Exploratory Evaluation of Economic and Environmental Efficiency of Solid Waste Management in Welsh Small and Medium-sized Enterprises*. Working paper series No 31. Cardiff: The Centre for Business Relationships, Accountability, Sustainability and Society.(p.48).
- Stewart, D. y Ijomah, W. L. (2012). Building a holistic understanding of Reverse Logistics for SME Automotive Remanufacturers. En *Design for Innovative Value Towards a Sustainable Society*. (Eds.) M. Mitsutaka, U. Yasushi, M. Keijiyo y F. Shinichi. Springer: 558-563.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, SSPD. (2011). Estudio sectorial del servicio público de aseo 2010 República de Colombia, Bogotá D.C.
- Womack, J., Jones, D. y Roos, D. (1990). *The Machine that changed the world*, New York, NY, Rawson Associates.
- Zúñiga, A y Cuéllar, K. (2007). Prácticas de logística reversiva en las grandes empresas del Valle del Cauca. *Trabajo de grado Ingeniería Industrial*. Universidad ICESI- Cali.