

LOGÍSTICA INVERSA: PRÁCTICAS ACTUALES, TENDENCIAS FUTURAS Y OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN

REVERSE LOGISTICS: CURRENT PRACTICES, FUTURE TRENDS AND RESEARCH OPPORTUNITIES

(Recibido el 28 de noviembre de 2014 - Aprobado el 27 de febrero de 2015)

PhD. Julio Mar-Ortiz

Universidad Autónoma de Tamaulipas,
Facultad de Ingeniería, Grupo Disciplinar en
Productividad y Optimización, Tampico-México
jmar@uat.edu.mx

PhD. María D. Gracia

Universidad Autónoma de Tamaulipas,
Facultad de Ingeniería, Grupo Disciplinar en
Productividad y Optimización, Tampico-México
mgracia@uat.edu.mx

Resumen. Este artículo trata temas de toma de decisiones en logística inversa. El propósito principal consiste en proveer de un mejor entendimiento de la administración de un sistema de logística inversa, presentando un análisis holístico de algunos de los avances que conforman el estado del arte en la práctica de la logística inversa y las redes de recuperación para resaltar los campos actuales de estudio y las oportunidades de investigación desde un punto de toma de decisiones.

Palabras clave: logística inversa; revisión de literatura; ingeniería industrial; gestión de cadenas de suministro.

Abstract. This paper address decision making issues of reverse logistic. The main aim of this paper is to contribute to the growing understanding of reverse logistics management by presenting a holistic, in-depth analysis of some of the advantages that lead the state-of-the-art in reverse logistics practice and recovery networks, to underline current fields of study and research opportunities form a decision making point of view.

Keywords: reverse logistics; literature review; supply chain management; industrial engineering

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace más de veinte años, diversos autores han sentado las bases de lo que hoy se conoce como logística inversa (reverse logistics). En un principio la logística inversa fue considerada una extensión de la logística tradicional (forward logistics) pero en sentido opuesto, sin embargo, su concepto como campo de estudio requirió de un proceso continuo de aportación de nuevas ideas y conceptos conforme ésta se fue consolidando.

La logística inversa es una rama de la gestión de cadenas de suministro (SCM, Supply Chain Management), que destaca la importancia de coordinar e integrar los principales procesos de negocio en las organizaciones que la conforman, evitando así la optimización local y enfatizando la integración.

En este contexto, la logística inversa sostiene que desde el punto de vista del ciclo de vida de los productos, debe existir paralelamente a la distribución de los productos, un flujo inverso perfectamente administrado que los retirará al momento de volverse obsoletos, encontrarse dañados o cualquier otra razón, con el propósito de re-disponerlos en un lugar donde un valor mayor pudiera ser obtenido de ellos.

Actualmente, bajo una visión de responsabilidad compartida, las organizaciones enfrentan el reto de conjuntar las actividades de adquisición de materiales, manufactura y entrega de productos finales a los consumidores, con las actividades de recolección y separación de productos y empaques cuyo ciclo de vida ha concluido, para que sean dirigidos a su destino final, formando Redes de Recuperación (recovery networks) que facilitan la continua reincorporación de los materiales, productos y empaques una y otra vez en el proceso productivo.

El principal objetivo de esta investigación consiste en proveer de un mejor entendimiento de la administración de la logística inversa presentando un análisis holístico de algunos de los avances que conforman el estado del arte en la práctica de la logística inversa y las redes de recuperación para resaltar los campos actuales de estudio y las oportunidades de investigación desde un punto de vista de la ciencia administrativa e investigación de operaciones. Para cumplir con los objetivos expuestos en esta investigación, el resto de este documento se organiza de la siguiente manera: la Sección 2 analiza la evolución del concepto de logística inversa resaltando las principales contribuciones desde una perspectiva histórica. Posteriormente, la Sección 3 provee una caracterización de los sistemas de logística inversa discutiendo la motivación, ítems recuperados, formas de re-uso, actores involucrados y tipos de retornos.

Finalmente, la Sección 4 discute las tendencias actuales y oportunidades de investigación en logística inversa.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA LOGÍSTICA INVERSA

A principios de los noventas, la primera definición formal de logística inversa fue propuesta por el Council of Logistics Management (Stock, 1992), —posteriormente llamado Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, <http://cscmp.org/>)— destacando el rol de la logística en actividades relacionadas al reciclaje, disposición de residuos, y administración de residuos peligrosos. En el mismo año, Pohlen y Farris (1992) guiados por una perspectiva de principios de mercadotecnia la definieron como “el movimiento de bienes desde el consumidor hacia el productor en un canal de distribución”.

Para mediados de los noventas Kroon y Vrijens (1995) retomaron nuevamente una orientación puramente logística, pero en sentido opuesto; definiéndola así como “el conjunto de las habilidades logísticas administrativas relacionadas con la reducción, administración, distribución inversa y disposición de desperdicios”, creando un flujo en dirección opuesta a las actividades logísticas normales. Avanzando notablemente en la creación de un entendimiento formal del término, Carter y Ellram (1998) ofrecieron una definición con un enfoque de eficiencia empresarial, definiéndola como el proceso mediante el cual las organizaciones se pueden volver ambientalmente más eficientes mediante el re-uso y reciclado de sus materiales.

Esto propicio que los beneficios económicos derivados del reciclado y la reutilización de partes fueran considerados. Pese al avance en su concepción, los estudios efectuados por estos autores en la búsqueda de una teoría comprensiva, los llevo a concluir que con la literatura disponible hasta entonces no se podía crear un entendimiento formal del término. Sin embargo, Dowlatshahi (2000) llenó el espacio vacío descrito por Carter y Ellram al describir los factores estratégicos y operacionales en los sistemas de logística inversa.

Lo anterior propició que el reciente campo de la logística inversa adquiriera mayor atención por parte de organizaciones, practicantes, académicos e investigadores, quienes en su conjunto pretendían definir el término y construir un entendimiento formal del mismo.

Varias definiciones surgieron a la luz, las mismas que en su conjunto resaltaban la sistemática recuperación de productos o partes previamente embarcadas (Dowlatshahi, 2002) que por alguna razón requerían ser reprocesadas por un miembro anterior en la cadena de suministro. Una de las aportaciones más representativas se encuentra en el escrito de Rogers y Tibben-Lembke (1998 p.2) quienes enfatizando el proceso de logística tradicional que la logística inversa involucra, pero a su vez considerando el concepto de valor, la definen como: “el proceso de planear, implementar y controlar de manera eficiente y a un costo efectivo el flujo y almacenamiento de materiales, inventario en proceso, bienes terminados e información relacionada desde el punto de consumo al punto de origen con el propósito de capturar valor o para su correcta disposición”.

Resumiendo tal aportación, el Reverse Logistics Executive Council (RLEC, www.rlec.org), una organización enfocada al desarrollo de conceptos y prácticas relacionadas a la logística inversa, la define como “el proceso de mover los bienes de su típico destino final a otro punto, con el propósito de capturar valor o para la correcta disposición de productos”. Por su parte, el RevLog (The European Working Group on Reverse Logistics, <http://www.econbiz.de/Record/revlog-the-european-working-group-on-reverse-logistics/>), señala que la logística inversa se refiere a todas las actividades logísticas de colección, desensamble y procesamiento de productos usados, partes de productos y/o materiales para asegurar una recuperación sustentable. Así mismo, la define como: “el proceso de planear, implementar y controlar los flujos de materiales, inventario en proceso y bienes terminados, de la manufactura, distribución o punto de uso, al punto de recolección o de disposición propia”.

De acuerdo a Brito y Dekker (2003), la esencia de la definición proporcionada por Rogers y Tibben-Lembke (1998) es mantenida por el RevLog, solo que no se refieren a aspectos tales como “punto de consumo” ni “punto de origen”, reconociendo la existencia de varios tipos de regresos al ampliar el margen para la consideración de flujos inversos de materiales, productos y empaques cuyo ciclo de vida no ha concluido totalmente.

Esta situación, aunada al énfasis en aspectos ambientales y de recuperación de valor que implica la logística inversa, llevo a instituir el término de redes de recuperación. Una de las primeras nociones del término corresponde a Krikke et al. (2001b) quienes partiendo de una noción de negocios la caracterizan como la conjunción de todas las funciones de negocios; desde la toma de decisiones relacionadas a la estrategia, mercadotecnia, administración, calidad, sistemas de información, logística y el retorno de materiales.

Sintetizando tal definición y orientándola más al contexto de administración de cadena de suministros, Brito y Dekker (2003) la conceptualizan como la cadena de suministro vista de una forma holística que enfatiza la importancia de coordinar los flujos originales e inversos de materiales. Manteniendo la misma orientación, Guide et al. (2000) destacan la importancia que juega la redistribución de los productos y empaques recuperados en la creación de un ciclo cerrado de producción y abastecimiento.

En concreto, diversos autores (Krikke et al., 2001b; Beamon, 1999; Fleischmann et al., 2002) señalan que las redes de recuperación hacen lo mismo que la cadena de suministro tradicional, pero además, contribuyen a la sustentabilidad. Bajo este marco de referencia podemos concebir a la logística inversa como una parte de las redes de recuperación.

Bajo una tipificación general, las redes de recuperación pueden ser de ciclo abierto (open loop supply chains) o de ciclo cerrado (closed loop supply chains). Si ambos mercados coinciden, podemos observar un ciclo cerrado en la red de distribución-recolección; en contraste, si ambos mercados son diferentes, se forma una red de ciclo abierto (Fleischmann et al., 2001). Típicamente, una red de recuperación de materiales es de ciclo abierto, mientras que la recuperación de partes o productos es de ciclo cerrado (Beamon y Fernandes, 2004).

A partir de los párrafos anteriores se deduce que la definición de logística inversa ha cambiado a través del tiempo, comenzando desde una extensión de

logística tradicional pero en un sentido contrario, hasta su énfasis en aspectos ambientales y de recuperación de valor.

En la literatura, esencialmente podemos distinguir contribuciones en modelos cuantitativos, casos de estudio y desarrollos teóricos que fundamentan la teoría en logística inversa y redes de recuperación. Rubio et al. (2008) proveen una revisión y analiza las principales características de la literatura publicada en torno a gestión de la producción y operaciones en sistemas de logística inversa a lo largo de 10 años.

En Guide y Van Wassenhove (2009) se pude encontrar un recuento de cómo ha evolucionado la investigación en el área en los últimos 15 años, durante los cuales la logística inversa ha pasado de ser un área técnicamente enfocada a ser completamente reconocida como una sub-área de la gestión de cadenas de suministro. Dowlatshahi (2010) provee una actualización de la literatura en respecto a su análisis costo-beneficio.

Govindan et al. (2015) efectuó una clasificación del estado del arte en logística inversa, logística verde, cadenas de suministro sustentables y cadenas de suministro de ciclo cerrado. La Figura 1 describe algunas de las contribuciones de mayor relevancia para proveer una perspectiva histórica de la evolución de la logística inversa.

Se debe notar que el impacto de las operaciones logísticas en el desempeño de las organizaciones es muy significativo, en el 2013 los costos logísticos fueron estimados alrededor del 10.5% del PIB en la economía de USA. Sin embargo, el inconsistente monitoreo de los costos en la logística inversa, los hace más difíciles de estimar. Pese a lo anterior Rogers y Tibben-Lembke (2001) estimaron que en 1999 los costos de logística inversa en Estados Unidos fueron de aproximadamente \$37 mil millones de dólares, representando el 4% de los costos logísticos totales en ese año. Para 2004 el RLEC estimó que los costos de las operaciones de logística inversa en la Unión Americana fluctuaron entre el 0.5% y el 1% del Producto Interno Bruto.

(U.S. GNP). A nivel organizacional, Harrington (1994) reporto que AT&T Network Systems Division, ha ahorrado aproximadamente \$100 millones de dólares en los diecinueve meses que ha operado un programa de logística inversa para el cambio de equipos telefónicos.

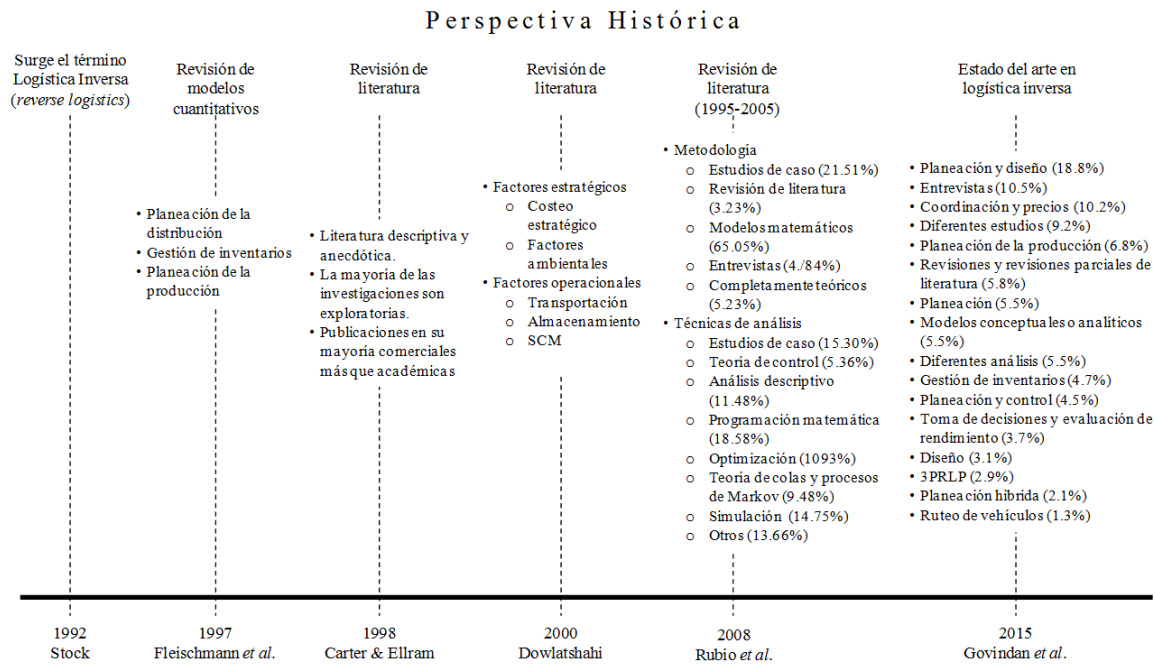


Figura 1. Línea de Tiempo del Concepto de Logística Inversa

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE LOGÍSTICA INVERSA

El desarrollo de sistemas de logística inversa se ha convertido en un elemento esencial en la agenda de la gestión de cadenas de suministro. Su desarrollo como unidad de negocio, ha llamado la atención de investigadores de diversas disciplinas. Tan solo basta revisar el creciente número de artículos publicados bajo el keyword de “reverse logistics”; así como el número de documentos presentados en varias conferencias de carácter internacional, sin olvidar el número de tesis y disertaciones en diversas universidades. Existen varios documentos clásicos que presentan una revisión de la literatura existente en el área de las redes de recuperación. Estos trabajos incluyen Fleishmann et al. (1997), Carter y Ellram (1998), Dowlatshahi (2000), Prahinskia y Kocabasoglu (2005) entre otros. Tomando como referencia tales trabajos y algunos otros artículos, en esta sección se analizan sus contribuciones para derivar una caracterización general de las redes de recuperación en seis dimensiones. Tal estructura permitirá por un lado disponer de un marco de referencia para la clasificación los sistemas de logística inversa; y por el otro establecer una serie de consideraciones preliminares para implementar un programa de recuperación de productos. La Tabla 1 describe las dimensiones y principales preguntas a ser consideradas, las cuales son brevemente comentadas.

Tabla 1. Dimensiones de las Redes de Logística Inversa

DIMENSIÓN	PREGUNTA PRINCIPAL
Motivación y detonadores	¿A qué obedece la necesidad de implementar un programa de recuperación de productos?
Ítems recuperados	¿Dentro de qué industria se desempeña la organización? ¿Cuáles son los principales ítems a ser recuperados?
Alternativas de recuperación	¿Dependiendo de la calidad de los ítems recuperados, cuáles son las formas de re-uso válidas?
Actores involucrados	¿Cómo se verá afectada la estructura operacional de la actual cadena de suministro?
Tipos de retornos	¿Qué tipo de retornos serán considerados?
Beneficio por valor agregado	¿Qué ventajas y/o beneficios pretendo obtener con la implementación de este programa?

3.1 Motivación y Detonadores

Desde una macro-perspectiva la necesidad de implementar un programa de recuperación de productos obedece a factores económicos y ambientales. Tales factores son generalmente motivados por elementos externos a la organización como proveedores, compradores, gobierno y competidores; aunque algunos son incentivados de manera proactiva dadas las implicaciones estratégicas

de la recuperación parcial o total de productos en el desempeño de negocios. Sin embargo, el eje central es la reducción de desperdicios, que constituye una de las mayores preocupaciones de los países industrializados, siendo una de las principales iniciativas para el creciente interés en el re-uso y reciclaje. Esta meta es traducida a nivel de compañías a través de leyes ambientales, que obligan a las organizaciones a recuperar sus productos y tomar cuidado de su tratamiento futuro, y la presión de los consumidores que presentan una creciente conciencia ambiental. Además, una imagen “verde” se está tornando en un importante factor de marketing. Conjuntamente, la inversión en la reducción de eventuales riesgos ambientales puede contemplarse como un decisión en caminata a reducir los costos de la empresa (Azqueta, 2002); conllevando al entendimiento de los beneficios económicos de usar productos recuperados en la producción en lugar de pagar altos costos de disposición, así como la consideración de que algunos regresos tienen valor comercial al estar destinados para la reventa (Hughes, 2003; Brito y Dekker, 2003).

Al comparar los casos de estudio referentes a la logística inversa entre Norte América y Europa, Brito y Flapper (2003) encontraron que en Norte América los principales motivadores para el desarrollo de la RL fueron los beneficios económicos, mientras que en Europa el principal motivador fue la legislación ambiental. Naturalmente, la importancia que cada cadena de suministro otorga a cada uno de estos factores detonantes al momento de extender su operación a una red de recuperación, depende de sus propias características y motivadores internos. En este sentido, cada cadena de suministro enfrenta sus propios obstáculos o áreas de mejora.

3.2 Ítems Recuperados

Los primeros ejemplos de programas de recuperación de productos, se encuentran tanto en la remanufactura de auto-partes, como en la recolección de contenedores rellenables. Sin embargo, en los últimos años su campo de aplicación se ha extendido a diversas industrias con características y/o ambientes de negocio particulares, que demandan diferentes tipos de sistemas de logística inversa. Por ello, cada tipo de retorno requiere cadenas inversas de recuperación apropiadas a las características de los productos recuperados para optimizar el valor de la recuperación. Estudios previos han mostrado que la logística inversa ha sido usada en muchas industrias. Por ello la mayoría de los documentos publicados en la literatura han sido prácticamente orientados, donde problemas reales han sido esbozados como

problemas dentro de la interfaz logística-producción que recaen en el campo de la administración de la logística inversa. Por ejemplo, Ammons (1997) estudio el problema ocasionado por el retiro de alfombras en EUA; Barros *et al.* (1998) trato el problema ocasionado por la generación de residuos de construcción en Holanda, Sharma (2004) trato el problema ocasionado por el retiro de equipo debido al cambio tecnológico, por mencionaron algunos. Mar-Ortiz *et al.* (2011) diseñaron una red para la recolección de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Además, algunas industrias en particular como la industria del hardware computacional han comenzado a adoptar programas de logística inversa dando seguimiento a la recuperación de viejos sistemas.

El análisis de estos problemas prácticamente orientados nos permite categorizar los principales tipos de ítems recuperados en: empaques (por ejemplo pallets, botes, contenedores), partes de repuesto (por ejemplo herramientas, motores, componentes de motores), aparatos electrodomésticos y de oficina (por ejemplo copadoras, refrigeradores, celulares, computadoras, cámaras), productos de desecho (por ejemplo residuos de construcción, alfombras, llantas, papel, acero), residuos peligrosos (por ejemplo baterías, pilas, farmacéuticos), otros (por ejemplo libros, productos en tiendas minoristas). Los porcentajes de retorno varían ampliamente dependiendo de la categoría de los productos, las estaciones y a través de mercados globales, siendo típicamente mayores en las ventas por Internet y de catálogo. Las tasas de retorno también se han incrementado rápidamente en algunos países de la Unión Europea debido a las legislaciones establecidas.

3.3 Alternativas de Recuperación

Las principales opciones de recuperación difieren del grado en que la identidad del producto ha sido conservada, de sus estándares de calidad atribuidos, el proceso de deterioro, y su patrón de uso (Brito y Dekker, 2003). En general, una vez que los ítems han sido recuperados, se procede a una inspección detallada mediante diversas pruebas para su adecuada selección y clasificación; a partir de esto el tomador de decisiones debe decidir entre la recuperación de forma directa (por ejemplo re-uso directo, re-venta o re-distribución) o mediante reprocesamiento (por ejemplo reparación, remanufactura, reciclaje, reprocesamiento, etc.). Algunas de ellas pueden ser aplicadas tanto al producto como al empaque, en Rogers y Tibben-Lembke (2001), se describen las correspondientes a cada una como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Actividades de Ejecución en la Logística Inversa

PARA EL PRODUCTO	PARA EL EMPAQUE
<ul style="list-style-type: none"> • Regresar al proveedor • Revender • Venta a un mercado alternativo • Recuperar • Reacondicionar • Renovar • Remanufacturar • Reclamar materiales • Reciclar • Donar • Relleno sanitario 	<ul style="list-style-type: none"> • Rehusar • Renovar • Reclamar materiales • Reciclar • Rescatar • Relleno sanitario

3.4 Actores Involucrados

Los actores involucrados en las actividades de re-uso pueden incluir tanto productores originales como terceras partes (3PL). Esto estará en función de las actividades de recolección, transporte, reprocesamiento, y re-marketing que los bienes recuperados requieran. Sin embargo, la estructura típica de las redes de recuperación se encuentra conformada por los actores de la red de distribución original (*forward supply chain actors*), y los elementos especializados de la red de recolección (*reverse supply chain actors*). En la red de distribución original, su estructura divergente permite que los proveedores, manufactureros, centros de distribución, minoristas, y clientes jueguen un rol determinado de acuerdo a sus objetivos previamente establecidos en beneficio de la cadena de suministro. En contraste, en la red de recolección, la estructura convergente, y la incertidumbre asociada a la identidad y estándares de calidad de los ítems recuperados, propicia que a partir de los centros de recolección y clasificación, los centros de reciclaje, desensamble y remanufactura, y en general todo tipo de instituciones tanto públicas como privadas creadas para hacerse cargo de los retornos, sean intermediarios independientes con objetivos propios que inclusive pueden competir entre sí, para revender los ítems recuperados al mejor costo.

3.5 Tipos de Retornos

Los regresos pueden ser catalogados de manera general en: regresos internos, y regresos externos. Los regresos internos son conocidos como retornos de manufactura, es decir, todos aquellos productos que son regresados en la fase de producción, ya sea por no haber pasado las pruebas de calidad o porque no fueron completamente terminados por falta de material; generalmente estos regresos son denominados como re-trabajos o re-procesos. Por su parte, los regresos externos son todos aquellos bienes que ya han salido de la planta de manufactura, estos pueden ser retornos de garantías, es decir, aquellos

productos que están dañados cuya calidad no fue capaz de satisfacer la necesidad del cliente por lo que son cambiados o reparados; retornos comerciales, es decir, aquellos productos que fueron exceso de inventario o cuya temporada (fuera de estación) ya paso y no fueron vendidos; retornos de fin de vida, es decir, aquellos productos cuyo ciclo de vida económico y/o funcional ha terminado totalmente; retornos de fin de uso, es decir, aquellos productos que el cliente tiene la oportunidad de regresar en cierto periodo de tiempo, pero cuyo ciclo de vida se encuentra parcialmente consumido, tal es el caso de libros usados. La identificación del tipo de regreso es de suma importancia, pues de ello en gran medida dependerá el destino que tendrán. Otro tipo de literatura que involucra el flujo inverso de productos pertenece al campo de servicio post-venta y retornos por garantías.

3.6 Beneficios por Valor Agregado

La implementación de un efectivo sistema de logística inversa resulta en beneficios directos para las organizaciones. La mejora de la satisfacción del cliente, la disminución de los niveles de inversión en recursos, así como la reducción en los costos de almacenamiento y distribución, son solo algunos de ellos. En varias organizaciones la recuperación de empaques y productos se ha convertido en una práctica capaz de reducir el impacto ambiental de la cadena de suministro, facilitando la eliminación del desperdicio a la vez que se incrementan las utilidades (Rogers y Tibben-Lembke, 2001; Autry *et al.*, 2001; Ritchie *et al.*, 2000). La Tabla 3 resume algunas aportaciones de varios autores (Hughes, 2003; Krikke *et al.*, 2001a; y Hillebersberg *et al.*, 2001) respecto a los beneficios que proporciona el diseño de un sistema de logística inversa.

Tabla 3. Beneficios de un Sistema de Logística Inversa

PARA EL PRODUCTO	PARA EL EMPAQUE
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de pedidos y daños de inventario. • Ahorro en los costos de adquisición, disposición, mantenimiento y transportación del inventario. • Maximización del retorno sobre inversión mediante la recuperación de valor en los productos. • Mejora del proceso de recolección y mayor contacto con el cliente. • Disminución de los tiempos de ciclo. • Mejora en el proceso de pronósticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de productos dañados y pérdidas. • Identificación de problemas de calidad de forma más rápida debido a los retornos rápidos. • Mejora en la administración de la información y retroalimentación del cliente. • Mayor educación al cliente. • Mejora de las relaciones en la cadena de suministro. • Mejora en los tiempos de respuesta.

4. TENDENCIAS ACTUALES Y OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN

Recientemente varias tesis doctorales en el campo de logística inversa y redes de recuperación han sido escritas, esbozando las tendencias actuales de investigación en el área. Esta situación ha mantenido una continuidad desde hace más de diez años. Un estudio reveló que la investigación en logística inversa se situó entre los diez principales tópicos para investigación doctoral en las áreas relacionadas de administración de la cadena de suministros y logística entre 1999 y 2004 (Stock y Broadus, 2006). Aunado a esto, en la literatura se pueden encontrar más de 1,000 artículos científicos en temas relacionados a logística inversa en área de investigación de operaciones y ciencia administrativa.

Esos estudios se han enfocado en dar respuesta a temas tales como:

- El pronóstico de los flujos inversos y mercados secundarios.
- El estudio de los efectos sobre elementos administrativos (por ejemplo financiamiento o alianzas estratégicas) de la implementación de un sistema de logística inversa.
- El estudio de las interacciones entre las estrategias de recuperación y la optimización de la red logística, dado el impacto mutuo en el establecimiento de parámetros.
- La implementación operacional de las estrategias de recuperación.
- El desarrollo de modelos que combinen el ruteo de recolección y de distribución.
- Estudios comparativos entre los métodos tradicionales de control de inventarios y aquellos específicamente adaptados a un ambiente con flujos inversos.
- La elección de algunas políticas de cero retornos en mercados donde no es viable ejercer actividades de recuperación de productos.

Estas investigaciones previas han establecido las bases para motivar el desarrollo de la teoría en logística inversa. No obstante, algunas preguntas en esta joven área de investigación científica permanecen abiertas para investigaciones futuras:

- ¿Cómo pueden ser incluidos eficientemente algunos elementos medioambientales (por ejemplo costos ambientales) en los modelos operacionales y de diseño de redes de logística inversa? ¿Cómo tomar en cuenta aspectos ecológicos, tecnológicos, de información y públicos?

- ¿Cómo se puede lograr una sinergia entre las metas económicas y ambientales mediante el uso 'inteligente' de herramientas de optimización?
- ¿Cómo administrar los productos de baja demanda, los productos de corto ciclo de vida, y los productos perecederos?
- ¿Cómo deben tratar los modelos y soluciones robustas con el alto grado de incertidumbre involucrada?
- ¿Cómo extender fácilmente la infraestructura logística a fases posteriores, tomando en consideración la creciente naturaleza dinámica de múltiples productos en ambientes de reuso?
- ¿Cómo establecer precios (valuación de inventarios) y cantidades óptimas de productos a ser tratados? ¿Cómo dar un seguimiento a los costos para aumentar la rentabilidad? ¿Cómo evaluar y mejorar el desempeño? ¿Cuál es el impacto de los programas de recuperación en el desempeño de los negocios?
- ¿Cómo ligar a la logística inversa con otras disciplinas de la administración, tal como la administración de la calidad, el pensamiento esbelto, el diseño del producto, la economía, y los estudios ambientales, en particular a través de modelos holísticos?
- ¿Cómo afecta la inclusión de actividades de logística inversa a los problemas de coordinación e integración? ¿Qué influencia tienen las opciones de recuperación en los diferentes niveles de la cadena de suministro sobre los procesos de CPFR? ¿Cuál es el impacto de las tecnologías de información en el éxito de los programas de recuperación?
- Analizar y cuantificar el efecto látigo cadenas de suministro con sistemas de logística inversa.

4. CONCLUSIONES

La logística inversa actualmente constituye una disciplina la administración que trata con la gestión eficiente y efectiva en costos de la distribución de productos y recuperación de retornos. El principal objetivo de este estudio fue motivar y proveer a los investigadores una dirección para el estudio en logística inversa, para las cuales los métodos de investigación de operaciones y ciencia administrativa son apropiados.

La investigación actual en el área crece constantemente y cada día hay más compañías que deciden implementar un programa de recuperación de productos. La legislación también ayuda a incrementar la importancia de este campo, forzando a las

compañías a tomar responsabilidad de sus empaques y productos vendidos cuyo ciclo de vida haya concluido. Los acuerdos y tratados internacionales también orientan a los países a avanzar en la legislación para el cuidado del ambiente.

Desde un punto de vista organizacional, el diseño óptimo de sistemas logísticos integrales es de crucial interés para lograr cadenas de suministro económica y ecológicamente viables y con ello contribuir a un futuro sustentable.

RECONOCIMIENTO

La actividad investigativa de JMO ha sido parcialmente financiada por la Universidad Autónoma de Tamaulipas a través del Proyecto de Investigación PFI2014-34 dentro del Grupo de Investigación en Productividad y Optimización.

REFERENCIAS

- Ammons, J. C., Realf, M. J. y Newton, D. (1997). *Reverse Production System Design and Operation for Carpet Recycling*. Georgia Institute of Technology. Atlanta, G.A.
- Autry, C. W., Daugherty, P. J. y Richey, R. G. (2001). The challenge of reverse logistics in catalog retailing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 31(1), 26-37.
- Azqueta, D. (2002). *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid, España. McGraw Hill.
- Barros, A. I., Dekker, R. y Scholten, V. (1998). A two-level network for recycling sand: A case study. *European Journal of Operational Research*. (110), 199-214.
- Beamon, B. M. (1999). Designing the green supply chain. *Logistics Information Management*. 12(4), 332-342.
- Beamon, B. M., y Fernandes, C. (2004). Supply-chain network configuration for product recovery. *Production Planning & Control*. 15, 270-281.
- Brito, M. P. y Dekker, R. (2003). A Framework for Reverse Logistics. Erasmus Research Institute of Management (ERIM). *Erasmus University Rotterdam*. Rotterdam, the Netherlands.
- Brito, M. P. y Flapper, S. D. P. (2003). Reverse Logistics: a review of case studies. Erasmus Research Institute of Management (ERIM), *Erasmus University Rotterdam*. The Netherlands.
- Carter, C. R. y Ellram, L.M. (1998). Reverse logistics: A review of the literature and framework for future investigation. *Journal of Business Logistics*. 19(1), 85-102.
- Dekker, R., Bloemhof-Ruwaard, J., Fleischmann, M., Van Nunen, J., Van del Laan, E., y Van Wassenhove, L. N. (1998). Operational Research in Reverse Logistics: some recent contributions. *International Journal of Logistics: Research and Applications*. 1(2), 141-154.
- Dowlatshahi, S. (2000). Developing a Theory of Reverse Logistics. *Interfaces*. 30(3), 143-155.
- Dowlatshahi, S. (2002). A framework for strategic factors in reverse logistics, *Decision Sciences Institute, Annual Meeting Proceedings*, 425-430.
- Dowlatshahi, S. (2010). A cost-benefit analysis for the design and implementation of reverse logistics systems: case studies approach. *International Journal of Production Research*. 48(5), 1361-1380.
- Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J. M., y Van Wassenhove, L. N. (2001). The impact of product recovery on logistics network design. *Production and Operations Management*. (10), 156-173.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruward, J., Dekker, R., van der Laan E, van Nunen, J., y Van Wassenhove, L. (1997). Quantitative models for reverse logistics: a review. *European Journal of Operational Research*. 103, 1-17.
- Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R., y Flapper, S. D. P. (2000). A characterization of logistics networks for product recovery. *Omega*. 28, 653-666.
- Fleischmann, M., Nunen, J. A. E. E. y Van Graeve, B. (2002). Integrating Closed-loop Supply Chains and Spare Parts Management at IBM, *Erasmus Research Institute of Management (ERIM)*, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands.

- Govindan, K., Soleimani, H., y Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603-626.
- Guide Jr., D. R., Jayaraman, V., Srivastava, R. y Benton, W. C. (2000). Supply-Chain Management for Recoverable Manufacturing Systems. *Interfaces*. 30(3), 125-142.
- Guide Jr., V. D. R. y Van Wassenhove, L. N. (2009). The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. *Operations Research*, 57(1), 10-18.
- Harrington, L. (1994). The art of reverse logistics. *Inbound Logistics*. 14, 29-36.
- Hillegersberg, J. V., Zuidwijk, R., Nunen, J. V. y Eijk, D. V. (2001). Supporting returns flows in the supply chain. *Communications of the ACM*. 44(6), 74-79.
- Hughes, D. (2003). *Reverse Thinking in the Supply-Chain*. EBSCO, 30-36.
- Krikke, H., Bloemhof-Ruwaard, J. y Wassenhove, L. N. (2001a). Design of Closed Loop Supply Chains: A Production and Return Network for Refrigerators, *Erasmus Research Institute of Management (ERIM)*, Erasmus University Rotterdam. The Netherlands.
- Krikke, H., Pappis, C. P., Tsoufas, G. T. y Bloemhof-Ruwaard, J. (2001). Design Principles for Closed Loop Supply Chains: Optimizing Economic, Logistic and Environmental Performance. *Erasmus Research Institute of Management (ERIM)*. Erasmus University Rotterdam. The Netherlands.
- Kroon, L. y Vrijens, G. (1995). Returnable containers: an example of reverse logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(2), 56-68.
- Mar-Ortiz J., Adenso-Díaz, B. y González-Velarde, J. L. (2011). Design of a Recovery Network for WEEE Collection: the case of Galicia, Spain. *Journal of the Operational Research Society*, 62(8), 1471-1484.
- Pohlen, T. L. y Farris, M. T. (1992). Reverse logistics in plastics recycling. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 22(7), 35-47.
- Prahinska, C. y Kocabasoglu, C. (2006). Empirical research opportunities in reverse supply chains. *Omega: international Journal of Management Science*. 34(6), 519-532.
- Ritchie, L., Burnes, B., Whittle, P. y Hey, R. (2000). The benefits of reverse logistics: the case of Manchester Royal Infirmary Pharmacy. *Supply Chain Management: An International Journal*. 5(5), 226-233.
- Rogers, D. S. y Tibben-Lembke, R. (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics*. 22(2), 129-148.
- Rogers, D. S. y Tibben-Lembke, R. S. (1998). *Going Backwards: reverse logistics trends and practices*. Reverse Logistics Executive Council. Pittsburgh, PA.
- Rubio, A., Chamorro, F., y Miranda, J. (2008). Characteristics of the research on reverse logistics (1995–2005). *International Journal of Production Research*. 46(4), pp. 1099-1120.
- Sharma M. (2004). *Reverse Logistics and environmental considerations in equipment leasing and asset management*. (Tesis Doctoral) Georgia Institute of Technology. USA.
- Stock, J. R. (1992). *Reverse Logistics, Council of Logistics Management*. Oak Brook, IL.
- Stock, J. R. y Broadus, C. J. (2006). Doctoral research in supply chain management and/or logistics related areas: 1999-2004. *Journal of Business Logistics*. 21(1), 139-151.