

LOGÍSTICA INVERSA USANDO SIMULACION EN LA RECOLECCIÓN DE ENVASES DE PLAGUICIDAS : ESTADO DEL ARTE

REVERSE LOGISTICS USING SIMULATION IN THE COLLECTION OF PESTICIDE CONTAINERS: REVIEW

Eduin Dionisio Contreras Castañeda^{1,*}, Julián David Silva Rodríguez²

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo presentar una visión sobre las investigaciones que se han adelantado en los diferentes aspectos y aplicaciones de la Logística Inversa (LI), y aquellas herramientas y nuevos campos del conocimiento donde se puede aplicar LI. La revisión se llevó a cabo bajo tres temas de estudio: LI en empresas, Simulación de LI y Procesos de Recolección, Tratamiento y Disposición de Envases de Plaguicidas, este último viéndolo desde un concepto de recuperación o reciclaje de producto fuera de uso. La revisión se realiza a través del análisis de contenido de bibliografía publicada. Se hizo uso de varias bases de datos para la búsqueda de artículos de investigación relacionados con los temas bajo estudio, los cuales fueron clasificados de acuerdo al tema tratado. En la revisión bibliográfica se puede evidenciar que el 50% de la bibliografía consultada corresponde a LI aplicada o desarrollada en empresas, por medio de estudios tanto cualitativos como cuantitativos. Además, el 32% de los artículos revisados se enfoca en la simulación de LI, pero en la mayoría de casos no se utiliza como herramienta principal de investigación, sino como una herramienta de verificación y validación de la misma. Finalmente, las investigaciones actuales en cuanto a tratamiento y disposición de envases de plaguicidas carecen de los conceptos de LI como proceso.

Palabras clave: Logística Inversa, simulación, envases de plaguicidas.

ABSTRACT

This article has as an objective to present a vision about the research made in the different aspects and applications of the inverse logistics (LI) and the tools and new fields in which the LI knowledge may be applied. The review was conducted under three areas of study: Reverse Logistics (RL) in companies, RL and Process Simulation, Collection, Treatment and Disposal of Pesticide Containers, the latter seeing it from a concept of recovery or recycling products out of use. The review is done through content analysis of published literature. Use was made of multiple databases to search for research articles related to the topics under study, which were classified according to the subject. In the literature review, it can be demonstrated that 50% of the consulted bibliography corresponds to the LI applied or developed in companies, through studies either

¹Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia. Autor Corresponsal econtreras@uniboyaca.edu.co.

²Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia. jdsilva@uniboyaca.edu.co

*Autor Correspondencia: econtreras@uniboyaca.edu.co

qualitative and quantitative. Furthermore, 32% of the reviewed articles the focus of the research is based on the simulation of LI, but in most cases it is not used as a main tool in the research, but as a tool of verification and validation of it. Finally, the current research about treatment and final disposal of pesticides lack of the concepts of LI as a process.

Keywords: Reverse Logistics, simulation, pesticide containers.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas se han venido incentivando en diseñar e implementar sistemas de Logística Inversa (LI) (Diabat *et al.*, 2013a); según Gallo *et al.* (2010) las principales razones por las cuales las empresas realizan LI son: beneficios económicos, presiones legales y la creciente cultura ciudadana respecto al tema de devolución de productos, razones que coinciden con lo expuesto por Rogers & Tibben-Lembke (1999) y Alvarez-Gil *et al.* (2007), quienes afirman que al practicar LI se obtiene enormes beneficios económicos para la empresa. Muchos autores han realizado sus investigaciones con el fin de lograr una definición de LI, Stock (1992) define LI como el papel de la logística en la devolución de productos, el reciclaje, la sustitución de materiales, reutilización de materiales, eliminación de residuos, así como la renovación, reparación y refabricación. La definición más utilizada de LI es la propuesta por Rogers (2007) en el *Reverse Logistics Executive Council*, la cual es definida como “El proceso de planificación, ejecución y control eficiente y rentable del flujo de materias primas, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el fin de recuperar valor o realizar una correcta eliminación”. Fleischmann *et al.* (1997) clasificaron tres dimensiones de la logística inversa: la red de distribución inversa, sistemas de control de inventario con los flujos de retorno, y la planificación de la producción con la reutilización de piezas y materiales.

LI ha sido un tema que ha crecido poco a poco y ha dado origen a muchas investigaciones sobre el tema (Carter & Ellram, 1998; Stock & Mulki, 2009). Además, autores como Carter & Ellram (1998), Jayaraman *et al.* (1999), Rogers & Tibben-Lembke (1999), Dowlatshahi (2000), Stock & Mulki (2009), y Guide & Van wassenhove (2009), han descrito una extensa lista de sistemas de LI y sus estructuras, analizando la variedad de los problemas que surgen a raíz de ésta. Asimismo, según Rogers *et al.* (2012), la simulación es una herramienta útil que ayuda a la solución de los problemas de LI. Sin embargo, aparte de que las empresas y los investigadores hasta ahora están empezando a diferenciar la logística normal o hacia adelante de la LI, existe una gran oportunidad de aplicar metodologías de modelado para la gestión de los problemas en LI.

Por otra parte, según Silva *et al.* (2013), los factores ambientales han cobrado una mayor importancia en la sociedad y han sido objeto de estudio no solo por parte de investigadores sino por parte del gobierno y las empresas. Fraj & Martínez (2007) y D'Souza *et al.* (2007) resaltan que existe una clara relación entre la sociedad y el medio ambiente, la cual ha evolucionado debido al aumento de exploración de los recursos naturales donde se genera una conciencia de sostenibilidad ambiental. Debido a lo anterior, las empresas deben centrar sus esfuerzos en mejorar sus procesos para llegar a alcanzar una producción sostenible antes referida producción más limpia; ya que LI ha recibido cada vez más atención por razones económicas, de competitividad, marketing y por cumplimiento de requisitos ambientales (Ravi & Shankar, 2005). Una manera correcta de lograr esto es a través de la mejora ambiental de productos y procesos a través de la aplicación de sistemas de LI, como por ejemplo la aplicación en los procesos de disposición y tratamiento de envases de plaguicidas.

De igual manera, Elfvendahl *et al.* (2004), Sivanesan *et al.* (2004) y Buczynska & Szadkowska-Stanczyk (2005), afirman que ha aumentado la preocupación por los riesgos que pueden generar; tanto en los seres humanos como en el medio ambiente, la mala eliminación o tratamiento de los residuos de plaguicidas, lo que se vuelve un riesgo para la salud humana, debido a que los agricultores reutilizan estos envases para uso doméstico (Clarke *et al.*, 1997; Sinzogan *et al.*, 2004; Ibitayo, 2006). En Colombia, el Decreto 4741 de 2005, expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, regula la clasificación y previene el manejo de los residuos peligrosos, donde expone que los envases de plaguicidas se encuentran catalogados dentro de éstos y que, además, dichos residuos se deben eliminar de forma segura.

Dado lo anterior, este artículo tiene como objetivo analizar y dar una visión sobre las investigaciones que se han desarrollado en los diferentes aspectos y aplicaciones de LI, en especial en aquellas que aplican simulación y/o realizan recolección de envases vacíos de plaguicidas. Asimismo, presentar tendencias de cómo la simulación puede ser una herramienta de gran ayuda a la hora de aplicar o resolver problemas de LI. Todo esto como base para investigaciones futuras, asociadas con el diseño de procesos de LI en la recolección de envases vacíos de plaguicidas usando simulación.

Por otra parte, es importante crear un estado del arte sobre LI que muestre los antecedentes y tendencias aplicadas en diferentes sectores Industriales, y haciendo énfasis en un tema que a la fecha no ha sido lo suficientemente explorado desde LI, como es la recolección de envases vacíos de plaguicidas. En ese orden de ideas, esta revisión será un punto de partida para que otros investigadores desarrollen nuevos proyectos encaminados en el tema de LI.

MATERIAL Y METODOS

El método utilizado para la revisión bibliográfica es el denominado "Análisis de contenido", que según Krippendorff (2012) es una técnica para estudiar y analizar la comunicación de una manera objetiva, sistemática y cuantitativa; es utilizada para analizar artículos, libros entre otros. Específicamente, se utiliza el método de análisis de designaciones que corresponde a una división del análisis de contenido y que, según el mismo autor, es equivalente al análisis temático que se realiza para referencias de un tema específico.

Según Pokharel & Mutha (2009), diferentes autores han utilizado esta metodología para el desarrollo de sus investigaciones. Autores como Byrd & Davidson (2003) usaron la metodología de análisis de contenido en su investigación para examinar el impacto de las tecnologías de la información en la cadena de suministro. Asimismo, fue utilizada por Ellinger *et al.* (2003) en su trabajo sobre la industria del transporte en los EE.UU. Por último, Marasco (2008) también utilizó un método similar para la revisión de la literatura sobre la logística de terceros.

La búsqueda de los artículos se realizó en bases de datos como Science Direct, ProQuest y EBSCOHOST - Business Source Complete, Agriculture Journals, Redalyc, Scielo, MEDLINE, enfocándose en artículos publicados en revistas científicas y conferencias que se han hecho en eventos internacionales de los temas bajo estudio. Para ubicación de los artículos se usaron palabras claves como "reverse logistics", "reverse distribution", "greenlogistics", "pesticidescontainers", "disposal of pesticidescontainers", "pesticides", "simulation of reverse logistics", "modeling of reverse logistics".

En la revisión de literatura del presente artículo se han incluido 50 artículos de las diferentes temáticas bajo estudio. En la figura 1 se observa que el mayor número de referencias se refiere a LI aplicada a la empresa, contando en esta área 25 artículos (50%); también se observa que el 32% de las referencias abarca el tema de simulación de LI, tanto artículos de revisión como

estudios de caso sobre esta área. Por último, sólo 9 artículos (18%) se enfocan en el área de procesos de recolección, tratamiento y disposición final de Envases de Plaguicidas, lo cual indica que hasta el momento no se ha abordado en el tema lo suficiente.

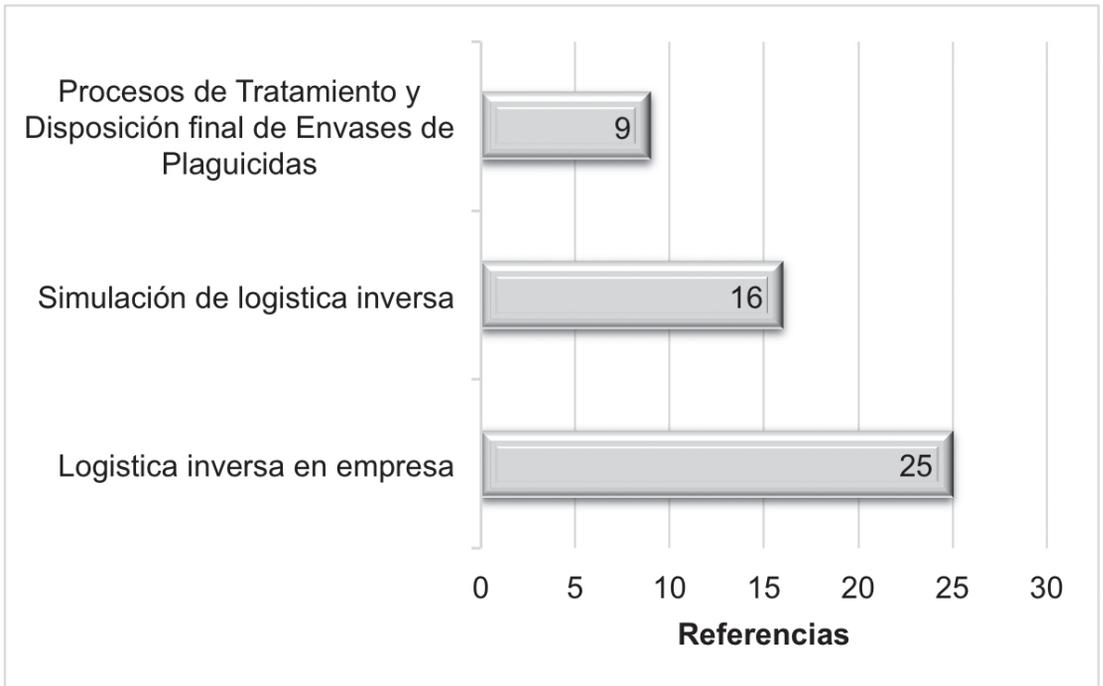


Figura 1. Clasificación de artículos por tema de estudio.

Los artículos revisados en el tema de LI en empresas se clasificaron de la siguiente forma:

- Industria de Hardware
- Industria de motores para automóviles
- Industria médica
- Almacenes comerciales
- Industria de la construcción
- Varias Industrias
- Empresas en general

De igual manera, los artículos relacionados con la simulación de LI se clasificaron así:

- Industria de alfombras
- Industria Automotriz
- Industria de Hardware
- Industria Electrónica
- Industria del Acero
- Empresas en general.

Por otra parte, la búsqueda de artículos no se restringió a ningún período, debido a que las referencias en temas como simulación de LI y procesos de recolección, tratamiento y disposición final de envases de plaguicidas, no se encuentran con facilidad y es muy bajo el número de artículos encontrados. La mayor parte de los artículos se ha publicado a partir del año 2005

con un 82% del total de referencias buscadas, tal como se observa en la figura 2. Además, se puede observar que para el tema de LI en empresas, el año 2011 fue el más relevante con 6 artículos.

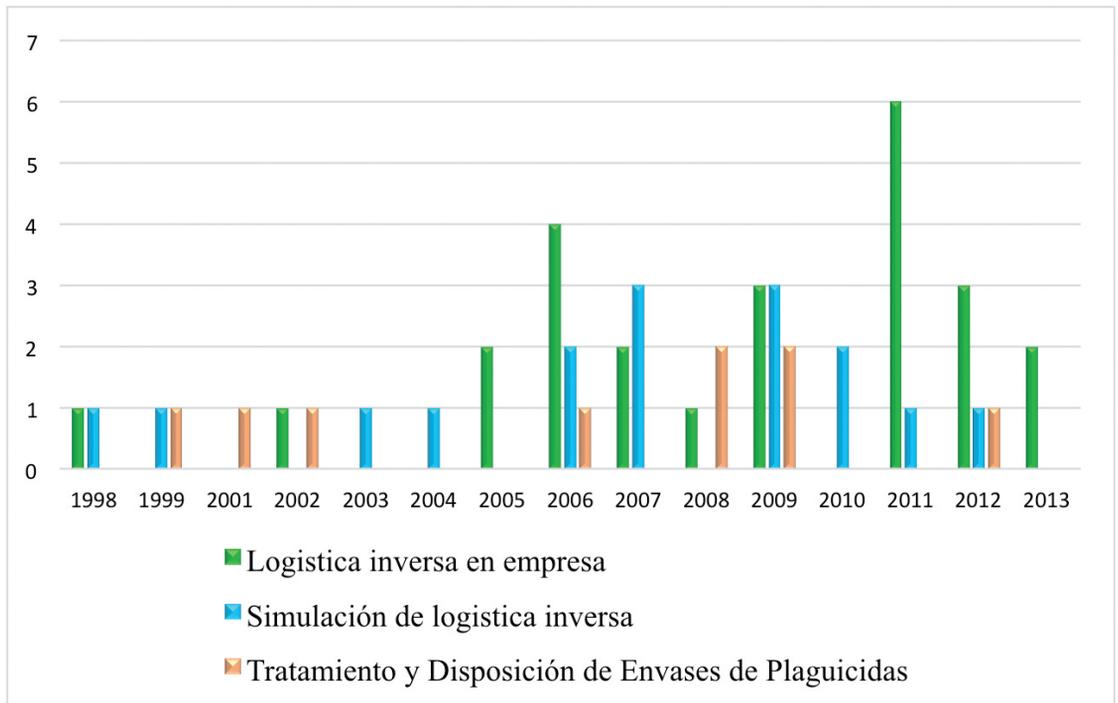


Figura 2. Clasificación de artículos de los temas de estudio por año.

RESULTADOS

Los resultados de cada uno de los temas bajo estudio se muestran a continuación:

Logística Inversa en empresas

En este tema de estudio se ubican 25 artículos, que se enfocan a dar una visión de cómo las empresas desarrollan e implementan LI.

- **Industria de Hardware**

La industria informática ha sido un sector fuerte para los investigadores de LI. Ravi *et al.* (2005), proponen un modelo que tome las dimensiones de LI para los computadores al final de su vida útil desde cuatro perspectivas derivadas del *Balanced Score Card*. Kwan & Kumar (2006), muestran en su investigación que partes reemplazadas de los proveedores son más rentables que las piezas de la computadora reformadas; además, retardo del transporte y retrasos de proveedores en los rendimientos de procesamiento tienen un impacto significativo en la viabilidad de la logística inversa, independientemente de los volúmenes de retorno.

Demajorovic *et al.* (2012), diagnostican cómo la comunicación de las empresas influye en los programas de LI para aparatos y baterías de celulares, encontrando que ninguno de los sitios web de las empresas encuestadas espontáneamente mencionan alguna información acerca de LI y eliminación de baterías o teléfonos. Sólo el 29% buscó información sobre la correcta eliminación y el 71% no se preocupó.

Asimismo, para los equipos informáticos y periféricos, una investigación fue realizada por Diabat *et al.* (2013 b), donde desarrollan una red de LI multi-escalón para las devoluciones de productos con el fin de minimizar el costo total de LI, que consiste en el alquiler, mantenimiento de inventario, manejo de materiales, la instalación y los gastos de envío.

- **Industria de motores para automóviles.**

En la Industria de motores se han adelantado varias investigaciones: por ejemplo, Seitz (2007), examina si los motivos “clásicos” para la recuperación del producto se aplican a la re manufactura de motores, donde se investigaron tres niveles de la cadena de suministro: la planta de re manufactura, el principal centro de distribución y oficinas centrales de la empresa (centro administrativo).

Adlmaier y Sellito (2007), realizaron un estudio de caso sobre LI en los envases retornables, adecuado para el transporte internacional de piezas para los motores diesel, donde los resultados demuestran que traen beneficios financieros, reducción de impactos ambientales y beneficios logísticos. Silva *et al.* (2013) presentaron un estudio de caso, siguiendo lo expuesto por Yin (1994), relacionado con el flujo inverso de envases retornables para reemplazar un sistema de embalaje desechable, utilizado por una empresa ubicada en Joinville, Santa Catarina, Brasil para exportar cabezas de motor mecanizadas a Peterborough, Reino Unido.

- **Industria médica**

Amini *et al.* (2005), analizan el valor competitivo de las actividades de gestión de servicios, en particular los servicios de reparación, así como la importancia de la función de apoyo de las operaciones efectivas de LI para la ejecución exitosa y rentable de las actividades de reparación de un fabricante de diagnóstico médico.

- **Almacenes comerciales**

Chaves & Batalha (2006), estudian el papel y la relevancia de centros de recogida de envases reciclables como factor de atracción de clientes a los supermercados de Brasil, el cual concluyó que LI no es un factor influyente en la decisión del lugar de compra. Los resultados de la encuesta muestran que la mayoría de los clientes de la cadena de hipermercados en Belo Horizonte y São Paulo no conocen los Centros de Acopio, a diferencia de los clientes de la tienda, en Río de Janeiro. Sin embargo, en todas las ciudades se ha encontrado que la existencia de centros de recogida no es un factor que influye en la elección del lugar de compra de los consumidores.

- **Industria de la construcción**

Barros *et al.* (2011) proponen un modelo de localización de dos niveles para el problema de LI de la construcción y, en particular de la arena, y consideran su optimización mediante procedimientos heurísticos.

- **Varias industrias**

González – Torre y Adenso - Díaz (2006), realizan un estudio de caso de dos sectores económicos: alimenticio y bebidas, para observar la relación entre cliente – proveedor en cuanto a las exigencias ambientales para empresas que utilizan el vidrio en sus procesos de embalaje y envasado. En primera instancia se realizó una encuesta y una entrevista a los encargados del medio ambiente o de la logística de las empresas para, posteriormente, analizarlo a través del software SPSS.

- **Empresas en general**

Hu *et al.* (2002), plantean un modelo de minimización de costos para un sistema de LI de residuos peligrosos de tipo múltiple, que consta de los siguientes pasos: (1) recolección, (2) almacenamiento, (3) tratamiento, y (4) distribución. Korchi & Millet (2011), presentan un marco

que permita generar y evaluar las diferentes estructuras de canales de LI; el marco se aplica a un caso de refabricación de producto, luego se analiza la estructura del canal de LI actual y propone estructuras alternativas con un menor impacto ambiental y aumento de los beneficios económicos.

Srivastava (2008), propone un marco conceptual holístico integrado, que combina el modelado descriptivo, con técnicas de optimización a nivel metodológico para el diseño de redes de LI. La red de LI está compuesta por: retorno de los consumidores, centros de recolección y sitios de reproceso. Los clientes reciben un pago sobre la aceptación de la devolución.

Wadhwa *et al.* (2009), presentan una visión global integrada de LI, enfocada a un sistema empresarial con el fin de proponer aspectos que sirvan de apoyo al momento de tomar decisiones, siempre encaminadas a la mejora continua. Autores como Logozar *et al.* (2006), Lee & Chan (2009), Mutha & Pokharel (2009), Tuzkaya *et al.* (2011), Cheet *et al.* (2012) y Hosseinzadeh & Roghanian (2012), enfocan sus investigaciones al desarrollo de modelos matemáticos, tanto para el diseño de redes de LI como para optimizar programas de LI ya implementados.

Wilcox *et al.* (2011), adelantaron una investigación cuyo objetivo principal era plantear una solución que abordara los vacíos en el flujo de LI, orientada económicamente con un modelo diseñado para ayudar a las empresas en la contabilización de la cantidad impredecible de los rendimientos y los costos de procesamiento y los flujos de efectivo en cada etapa del proceso de LI, donde a través de un modelo de Markov se describe el proceso de LI a nivel de empresa, que empieza con un mantenimiento previo, recolección de los productos, clasificación y disposición final, ya sea interna, por canales externos o en inventario normal.

Wright *et al.* (2011), discuten la idea del reciclaje como parte de LI, y sugieren que la intervención gubernamental en el lado de la demanda puede ayudar a fomentar el desarrollo del reciclaje en el contexto de un sistema de LI, donde la oferta y la demanda están más estrechamente alineados. Además, concluyen que las entidades gubernamentales pueden favorecer un mejor desarrollo de los canales de LI mediante el desarrollo de un sistema de incentivos o sanciones para aumentar la demanda de materiales reciclables.

Parada (2012), elaboró un modelo de referencia o conjunto estructurado de prácticas organizativas, que permite a las empresas conocer un modelo organizativo que ofrezca una fácil adaptación a las necesidades derivadas de la gestión de LI. Liu *et al.* (2011), realizaron una optimización de la red de ubicación de ruta de LI, utilizando la teoría de sistemas grises para información incierta, donde existe una red de LI de tres niveles, en la cual, el centro de reciclaje evalúa los productos reciclados en cuanto a si se deben revender o enviar de vuelta al centro de procesamiento.

Simulación en Logística Inversa

En esta sección se encuentran ubicados 16 artículos que orientan sus objetivos de investigación a la simulación en LI o utilizan la simulación como medio para la verificación y validación de redes o programas de LI. Rogers *et al.* (2012), afirman que la simulación puede ser una herramienta muy útil para modelar los problemas de LI y sus procesos, debido a la complejidad que estos poseen.

- **Industria de alfombras**

Bielh *et al.* (2007), realizaron una simulación de una cadena de suministro de LI para alfombras. Los resultados de la simulación indican que la mejor inversión en esta cadena de suministro debe enfocarse en el mejoramiento de la tecnología para el reciclaje. También mostró que, incluso, en el mejor de los casos, es poco probable que la industria de las alfombras pueda

cumplir sus objetivos sin un gran aumento en la velocidad de los flujos de retorno y reciclado de sus productos.

- **Industria Automotriz**

Schultmann *et al.* (2006), enfocan su investigación en modelar las tareas de LI dentro de la cadena de suministro de ciclo cerrado para automóviles al final de su vida útil en Alemania, donde se afirma que el modelo presentado se puede adaptar a otras aplicaciones mediante la redefinición de las limitaciones del modelo, haciendo el enfoque transferible a otros productos de recuperación en las tareas de diseño de red.

Jayant *et al.* (2011), modelaron una red de LI para la recolección de productos fuera de uso de la compañía limitada XYZ en India del norte, que produce baterías de ácido para uso comercial. El modelo se diseñó para que pudiera calcular el tiempo de ciclo, tiempo de transferencia, costo de transferencia y la utilización de recursos de manera predecible.

- **Industria de Hardware**

Matsumoto (2010), presenta un modelo de simulación para cuatro casos de estudios en Japón: 1) Reutilización del teléfono móvil con panel de cristal líquido, 2) Reutilización de cartuchos de tinta y autopartes usadas, 3) Fotocopiadoras y cámaras de un solo uso y 4) Reutilización de automóviles.

- **Industria Electrónica**

Kara *et al.* (2007), realizaron un modelo de simulación de una red de LI para la recogida de electrodomésticos de línea blanca al final de su vida útil en el área metropolitana de Sydney. El modelo desarrollado sirve para ser aplicado a redes de LI de otros productos fuera de uso, realizando los ajustes necesarios para cada red.

Guerra *et al.* (2009), describen un modelo de simulación de LI para los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) en Italia. Las actividades que se tienen en cuenta en la investigación abarca la recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y eliminación / recuperación de los productos. Además, afirman que el manejo de los AEE se hace más difícil, ya que estos productos al final de su ciclo de vida son enviados en su mayor parte a los vertederos o incineradoras, sin importar el pre-tratamiento o medida de seguridad que se le haya realizado.

Gallo *et al.* (2010), desarrollaron un modelo de simulación con la lógica híbrida para una red de LI de residuos de AEE, donde se concluye que el tiempo medio de espera de los residuos en el centro de recogida es la actividad principal de “no valor añadido” que afecta al tiempo total. Los resultados demuestran que una reducción en la línea de tiempo, y en particular en el tiempo de espera de los AEE en el supermercado, hace que el sistema sea más robusto para el aumento del flujo de residuos previstos en los próximos años.

- **Industria del Acero**

Schultmann *et al.* (2006), presentan un enfoque de simulación que ilustra un ejemplo de la industria de la fabricación de acero y de hierro en donde se investiga la inyección de los residuos plásticos en un alto horno. Se utiliza para la simulación KOSIMEUS, que es un software que combina modelos de programas de simulación y apoyo a las decisiones. El objetivo de los desarrolladores de KOSIMEUS es dar apoyo a los tomadores de decisiones en la industria y la administración para la evaluación de nuevas estrategias de producción y reciclaje.

- **Empresas en general**

Hirsch *et al.* (1998), realizan una simulación de la logística de las redes de reciclaje a través de una herramienta llamada “LOCOMOTORA”, la cual permite realizar una evaluación ambiental de las redes y sirve de apoyo a los gerentes para planificar sus actividades logísticas. La

simulación logística abarca todo el ciclo de vida y se puede evaluar el impacto ambiental de los diversos procedimientos logísticos involucrados en una red de producción distribuida a nivel mundial.

Amini & Retzlaff-Roberts (1999), adelantaron una investigación que, además de proporcionar una visión general de los diferentes tipos de LI y describir un estudio de reingeniería para una importante empresa de marketing directo, desarrollan modelos de simulación por ordenador para comparar el proceso actual con un nuevo proceso de LI propuesto en diferentes escenarios operacionales. En el modelo propuesto se evidenció que puede reducirse significativamente el tiempo de ciclo en el proceso de devolución del cliente, aumentando de este modo el servicio al mismo.

Rubio (2003), describe y analiza la LI, estudiando las principales consideraciones que una empresa debe tener presente en el diseño, desarrollo y control de esta actividad. Dentro de las conclusiones más importantes, se encontró que el diseño y desarrollo de los sistemas de LI conlleva una importante carga de incertidumbre acerca de la cantidad y calidad de los Productos Fuera de Uso (PFU), así como del momento en el que se recuperarán dichos productos. Por eso resulta necesario profundizar en el diseño de modelos de sistemas logísticos, que ayuden a despejar estas incógnitas asociadas con la recuperación física de los PFU.

Fernandez *et al.* (2006), en su investigación pretenden facilitar la toma de decisiones entre posibles alternativas de recuperación mediante la simulación de dos situaciones por separado. En la primera simulación se pretende decidir sobre la cantidad de ítems que se destinan a cada una de las dos opciones de recuperación consideradas (Canibalización y Refabricación). La segunda pretende determinar en qué situación resulta más adecuado recurrir a la recuperación en contraste con la adquisición de nuevos productos desde el exterior.

Hamza *et al.* (2007), aplicaron un método de Montecarlo de segundo orden para simular y estudiar el costo total de propiedad, con base a un marco general de una cadena de suministro inversa donde existen cuatro opciones de recuperación: reparación, re manufactura, reciclaje y reutilización.

Para ayudar a mitigar los impactos negativos al medio ambiente, Köhne *et al.* (2009), analizaron cómo la simulación puede apoyar para establecer cadenas de suministro verdes flexibles, con especial énfasis en la disminución de CO₂ y el consumo de energía. Con el modelo propuesto, los resultados numéricos indican que los costos agregados de LI pueden ser reducidos en 58%, comparado con los costos actuales, además de que hace falta profundizar sobre funciones sofisticadas de riesgo y tener en cuenta medidas de reducción en la fuente.

Finalmente, Kondoh *et al.* (2009), proponen un método de evaluación para la reutilización centrada en el equilibrio entre el valor para el usuario, la carga ambiental y el costo de los dos puntos de vista sociales e individuales durante todo el ciclo de vida del producto, para identificar los factores clave que hacen que el medio ambiente sea económicamente eficiente y factible. Los resultados muestran que la reutilización adecuada de componentes aumenta el valor total de utilidad para todos los productos.

Proceso de Recolección, tratamiento y Disposición de Envases de Plaguicidas

En esta área se identificaron 9 artículos, que se enfocan en investigar los procesos que se llevan a cabo para la recolección, tratamiento y disposición final de los envases de plaguicidas.

El aspecto financiero es un factor importante, cuando se desea abordar el tema de envases de plaguicidas; es por esto que autores como Centner & Gunter (1999), adelantan investigación,

primero, con el objetivo de revisar las disposiciones federales para la eliminación de residuos peligrosos. Luego analizan los costos de eliminación de los plaguicidas, así como las diferentes opciones de financiamiento para los programas de recolección y eliminación de plaguicidas.

Varias investigaciones se enfocan en estudiar cómo se adelantan los programas de recolección; por ejemplo, Denny (2001), en su investigación discute cómo los administradores de las plagas en Walt Disney World disponen de envases de plaguicidas, evidenciando que a través de la capacitación de las personas a cargo de estas operaciones, se generan aspectos significativos y coherentes con la imagen de Disney. Asimismo, cada técnico recibe continuamente información actualizada sobre productos y técnicas para el manejo de plagas.

Veiga (2008), examina los defectos del programa de recogida de envases vacíos de plaguicidas aplicados por la industria química brasileña, que a pesar de su éxito global no funciona en la pequeña comunidad rural seleccionada, y afirma que el programa de recogida de Brasil es uno de los programas más exitosos de su tipo en el mundo.

Farrera *et al.* (2002), adelantaron un programa cuyo objetivo era concientizar a los agricultores y escolares de las zonas altas del estado Táchira sobre el uso y manejo seguro de plaguicidas, para reducir los riesgos de contaminación agrícola presentes, en el cual se pudo observar que el 54% de las personas arroja los envases en los cortes o áreas adyacentes. Por el contrario, el 100% de la población conoce por lo menos un caso de intoxicación, y el 80% toma precauciones al almacenar los plaguicidas.

Aqiel Dalvie *et al.* (2006), pusieron en marcha una auditoría previa de los plaguicidas no deseados y caducados en las granjas en un distrito rural de Sudáfrica, la cual se llevó a cabo seis años después en un Proyecto Nacional de Recuperación (PNR). Dentro de los resultados se halló que en el 83% de las fincas se encontraron envases vacíos que nunca fueron devueltos para un tratamiento adecuado. De hecho, ninguna de las granjas participó en el PNR, aunque el 47% sabía de la iniciativa. La encuesta encontró que a pesar del PNR, el problema de los plaguicidas no deseados en el área de estudio, y probablemente en toda Sudáfrica, ha empeorado.

Varios autores han estudiado cuáles son los factores que llevan a los agricultores a devolver los plaguicidas o cuál es el tratamiento que ellos dan a estos residuos. Por ejemplo, Damalas *et al.* (2008), evaluaron las prácticas más comunes relacionadas con la eliminación de los residuos de plaguicidas después de su uso entre los agricultores de la zona rural de Pieria, en el norte de Grecia. Los resultados demuestran que existen diferentes actitudes de los agricultores a la hora de desechar un envase vacío de plaguicida, como lo son: 1) Arrojar los envases vacíos a los canales de riego o corriente (33,3%), 2) Arrojar los envases vacíos al campo (30,2%), 3) Recoger los envases vacíos y quemarlos (17,9%), 4) Arrojar los envases vacíos en los lugares habituales de residuos (11,1%), 5) Recoger los envases vacíos y enterrarlos (3,1%) y 6) Mantener los recipientes vacíos para otros usos (1,9%).

Miles *et al.* (1983), estudiaron los problemas asociados con la eliminación de contenedores de pesticidas en una pequeña zona de producción de hortalizas en el suroeste de Ontario, Canadá. Los resultados indicaron que, si bien las cantidades inaceptables de residuos de plaguicidas permanecen en contenedores sin lavar, los envases de plaguicidas con triple lavado serán aceptables para su eliminación en vertederos sanitarios municipales.

Haylamicheal & Dalvie (2009), describen el problema de la acumulación de plaguicidas obsoletos y discuten las actividades de eliminación emprendidas en Etiopía, así como las iniciativas que se han tomado y se deben tomar para la prevención de la acumulación de existencias de plaguicidas en el futuro. Existen varias prácticas de los agricultores frente a la

eliminación de los envases vacíos, como arrojar los envases vacíos de plaguicidas en el campo (30,2%), arrojar cerca o en los canales de riego y corrientes (33,3%) y la quema a fuego abierto (17,9%).

Ladeira *et al.* (2012), verifican cuáles son los factores que llevan a los agricultores a realizar LI de los envases de plaguicidas. En la investigación se puede observar que existen muchos factores influyentes en el agricultor al momento de tomar esta decisión; en particular, las cuestiones relacionadas con las presiones legales y una mayor preocupación social por el medio ambiente y su preservación, son algunos de ellos.

Por otra parte, a diferencia de las investigaciones que se han realizado para el tema concerniente a los residuos de plaguicidas que se enfocan a evaluar los procesos de recolección, autores como Contreras *et al.* (2013), combinan LI con la recolección y disposición de los envases de plaguicidas, desarrollando una investigación con el objetivo de diseñar un sistema de LI para la recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas en una unidad de riego del departamento de Boyacá – Colombia.

En la tabla 1 se muestra un resumen de los artículos referenciados en este artículo, los cuales han sido objeto de revisión en cada una de las temáticas tratadas.

Tabla 1. Estructura contenido revisión de literatura.

TEMA	LITERATURA
LOGÍSTICA INVERSA EN EMPRESAS	Silva <i>et al.</i> (2013), Diabat <i>et al.</i> (2013), Hosseinzadeh & Roghanian (2012), Parada (2012), Che <i>et al.</i> (2012), Wright <i>et al.</i> (2011), Tuzkaya <i>et al.</i> (2011), Barros <i>et al.</i> (2011), Liu <i>et al.</i> (2011), Korchi & Millet (2011), Wilcox <i>et al.</i> (2011), Gouveia <i>et al.</i> (2011), Wadhwa <i>et al.</i> (2009), Mutha & Pokharel (2009), Lee & Chan (2009), Srivastava (2008), Seitz (2007), Adlmaier & Sellito (2007), Logozar <i>et al.</i> (2006), González – Torre & Díaz (2006), Kwan Tan & Kumar (2006), Chaves & Batalha (2006), Amini <i>et al.</i> (2005), Ravi <i>et al.</i> (2005), Hu <i>et al.</i> (2002).
SIMULACIÓN EN LI	Rogers <i>et al.</i> (2012), Jayant <i>et al.</i> (2011), Matsumoto (2010), Gallo <i>et al.</i> (2010), Köhne <i>et al.</i> (2009), Kondoh <i>et al.</i> (2009), Guerra <i>et al.</i> (2009), Bielh <i>et al.</i> (2007), Kara <i>et al.</i> (2007), Hamza <i>et al.</i> (2007), Fernandez <i>et al.</i> (2006), Schultmann <i>et al.</i> (2006), Schultmann <i>et al.</i> (2006), Lacoba (2003), Amini & Retzlaff-Roberts (1999), Hirsch <i>et al.</i> (1998).
PROCESO DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE ENVASES DE PLAGUICIDAS	Ladeira <i>et al.</i> (2012), Veiga (2008), Haylamicheal & Dalvie (2009), Miles <i>et al.</i> (2008), Damalas <i>et al.</i> (2008), Aqiel Dalvie <i>et al.</i> (2006), Farrera <i>et al.</i> (2002), Denny (2001), Centner & Gunter (1999).

CONCLUSIONES

La revisión muestra que la publicación de la mayoría de las investigaciones en LI ha aumentado a partir del año 2005, y evidencia una creciente aplicación en empresas de diferentes sectores económicos. Además, se observa en las revisiones de literatura e investigaciones en cuanto a LI, que existe una carencia de artículos relacionados con los residuos de plaguicidas; además, estas revisiones se realizaron con investigaciones publicadas hasta el año 2007. En consecuencia, el presente artículo muestra nuevos tópicos en cuanto a la aplicación de LI en diferentes sectores económicos, haciendo énfasis en el proceso de recolección y disposición final de los residuos de plaguicidas como un proceso de LI, citando investigaciones desarrolladas hasta el año 2013.

Igualmente, se pudo observar que tanto en el tema de LI en empresas como simulación de LI, la mayor cantidad de artículos se refiere a empresas en general, con 13 y 7 respectivamente. Es decir, orientan sus investigaciones hacia la ampliación de marcos teóricos o diseñan metodologías para la aplicación de LI en diferentes sectores económicos. Asimismo, se puede inferir que las investigaciones en LI implementadas en empresas utilizando o no simulación, se realizan con el objetivo de mejorar sus procesos y obtener beneficios económicos, logísticos, ambientales, financieros y legales. También, las investigaciones relacionadas con los residuos de plaguicidas se realizan con el fin de evaluar las prácticas más comunes relacionadas con la eliminación de los residuos de plaguicidas después de su uso entre los agricultores. Sin embargo, dentro de la revisión realizada, ninguno se orienta a diseñar o diagnosticar el proceso de recolección y disposición final de residuos de plaguicidas como un proceso de LI.

De la misma forma, se evidenció que existe una mayor cantidad de artículos relacionados con LI aplicada o desarrollada en empresas, siendo investigaciones tanto de tipo cualitativo como cuantitativo. En concordancia con lo anterior, las empresas han venido tomando conciencia de la importancia de desarrollar LI, debido a los beneficios no sólo económicos, si no los orientados a la protección del medio ambiente y todos los beneficios logísticos que LI trae.

Dentro de las investigaciones referentes a simulación de LI, la tendencia apunta a modelar sistemas de eventos continuos, además que según lo observado la herramienta más utilizada para la simulación es el software ARENA, utilizando otras herramientas como SIMULAT, KOSIMEUS, FLEXSIM, LOCOMOTORA, entre otros. También se encontró que se pueden fortalecer las investigaciones en cuanto a LI y, más específicamente, hacia el área de simulación, ya que algunas de las investigaciones desarrolladas en esta área no utilizan como herramienta principal la simulación, si no por el contrario se apoyan en ella para verificar y validar los estudios que realizan; además que la simulación se ha convertido en una herramienta importante y eficaz para resolver problemas de LI.

De acuerdo a lo anterior, el tratamiento y disposición de los envases de plaguicidas puede estar catalogado dentro de los problemas de LI, ya que maneja una cadena de suministro inversa, para que dichos residuos puedan ser introducidos nuevamente en la cadena productiva o ser eliminados de forma segura. A pesar de la importancia que tiene el tema, tanto para el medio ambiente como para la salud humana, no se le ha prestado mucha atención en adelantar investigaciones que aporten al mejoramiento de este proceso, lo cual se evidencia en la baja cantidad de artículos (9) encontrados en el tema, lo que sirve como apoyo para que futuras investigaciones tengan como objetivo evaluar o diseñar procesos de recolección, tratamiento y disposición final de envases de plaguicidas bajo unos estándares de calidad y siempre mitigando el impacto negativo hacia el medioambiente.

REFERENCIAS

- ADLMAIER, Diogo., and SELMITTO, Miguel Afonso. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. *Revista Produção*, 2007, vol. 17, no 2, p. 395-406.
- ÁLVAREZ-GIL, Ma José, *et al.* Reverse logistics, stakeholders' influence, organizational slack, and managers' posture. *Journal of Business Research*, 2007, vol. 60, no 5, p. 463-473.
- AMINI, Mehdi *et al.* Designing a reverse logistics operation for short cycle time repair services. *International Journal of Production Economics*, 2005, vol. 96, no 3, p. 367-380.
- AMINI, Mohammad M., and RETZLAFF-ROBERTS, Donna. Reverse logistics process reengineering: improving customer service quality. *Issues in Supply Chain Management*, 1999, vol. 5, no 1, p. 31-41.
- AQIEL DALVIE, Mohamed., AFRICA, Algernon., and LONDON, Leslie. Disposal of unwanted pesticides in Stellenbosch, South Africa. *Science of the total environment*, 2006, vol. 361, no 1, p. 8-17.
- BARROS, A., DEKKER, R., and SCHOLTEN, V.A two-level network for recycling sand: A case study. *European Journal of Operational Research*. 2011, vol. 110, p. 199-214
- BIEHL, Markus., PRATER, Edmund., and REALFF, Matthew J. Assessing performance and uncertainty in developing carpet reverse logistics systems. *Computers & Operations Research*, 2007, vol. 34, no 2, p. 443-463.
- BUCZYŃSKA, Alina., and SZADKOWSKA-STĄNCZYK, Irena. Identification of health hazards to rural population living near pesticide dump sites in Poland. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 2005, vol. 18, no 4, p. 331-339.
- BYRD, Terry Anthony., and DAVIDSON, Nancy W. Examining possible antecedents of IT impact on the supply chain and its effect on firm performance. *Information & Management*, 2003, vol. 41, no 2, p. 243-255.
- CARTER, Craig., and ELLRAM, Lisa. Reverse logistics--a review of the literature and framework for future investigation. *Journal of business logistics*, 1998, vol. 19, no. 1, p. 85-102.
- CENTNER, Terence., and GUNTER, Lewell. Financing the disposal of unwanted agricultural pesticides. *Environment international*, 1999, vol. 25, no 5, p. 635-646.
- CHAVES, Gisele de Lorena Diniz., and BATALHA, Mário Otávio. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis: Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. *Gestão & Produção*, 2006, vol. 13, no 3, p. 423-434.
- CHE, Zhen-Hua., CHIANG, Tzu-An., and KUO, Yu-Chun. Multi-echelon reverse supply chain network design with specified returns using particle swarm optimization. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 2012, vol. 8, no. 10, p. 6719-6731.
- CLARKE, E. E. K., *et al.* The problems associated with pesticide use by irrigation workers in Ghana. *Occupational Medicine*, 1997, vol. 47, no 5, p. 301-308.

CONTRERAS, Eduin., FRAILE, Ana., and SILVA., Julián. Diseño de un sistema de logística inversa para la recolección de envases y empaques vacíos de Plaguicidas. *Revista Ingeniería Industrial*. 2013, vol. 12, no. 2, p. 29-42.

DAMALAS, Christos., TELIDIS, Georgios., and THANOS, Stavros. Assessing farmers' practices on disposal of pesticide waste after use. *Science of the total environment*, 2008, vol. 390, no 2, p. 341-34.

Decreto 4741/2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Diario Oficial de la República de Colombia, 30 de Diciembre de 2005, núm. 46.137, 29p.

DEMAJOROVIC, Jacques, *et al.* Logística reversa: como as empresas comunicam o descarte de baterias e celulares. *Revista de Administração de Empresas*, 2012, vol. 52, no 2.

DENNY, Robert. How to: Dispose of pesticide containers. *Grounds Maintenance*. 2001, vol. 36, no. 4, p. 40-51.

DIABAT, Ali, *et al.* An optimization model for product returns using genetic algorithms and artificial immune system. *Resources, Conservation and Recycling*, 2013a, vol. 74, no. 1, p. 156-169.

DIABAT, Ali, *et al.* Strategic closed-loop facility location problem with carbon market trading. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2013b, vol. 60, no. 2, p. 398-408.

DOWLATSHAHI, Shad. Developing a theory of reverse logistics. *Interfaces*, 2000, vol. 30, no 3, p. 143-155.

D'SOUZA, Clare, *et al.* Green decisions: demographics and consumer understanding of environmental labels. *International Journal of Consumer Studies*, 2007, vol. 31, no 4, p. 371-376.

ELFVENDAHL, Sara, *et al.* Pesticide pollution remains severe after cleanup of a stockpile of obsolete pesticides at Vikuge, Tanzania. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2004, vol. 33, no 8, p. 503-508.

ELLINGER, Alexander E., LYNCH, Daniel F., and HANSEN, John D. Firm size, web site content, and financial performance in the transportation industry. *Industrial Marketing Management*, 2003, vol. 32, no 3, p. 177-185.

FARRERA, René, *et al.* Educación para el manejo y uso de plaguicidas en los municipios rurales: Jáuregui y Vargas, Táchira. *Geoenseñanza*, 2002, vol. 7, no 1-2, p. 38-53.

FERNÁNDEZ, Isabel., PRIORE, Paolo., and GÓMEZ, Alberto. Análisis entre distintas alternativas de recuperación de valor a través de la simulación. En X Congreso de Ingeniería de Organización. 2006.

FLEISCHMANN, Moritz, *et al.* Quantitative models for reverse logistics: a review. *European journal of operational research*, 1997, vol. 103, no 1, p. 1-17.

FRAJ, Elena., and MARTINEZ, Eva. Ecological consumer behaviour: an empirical analysis. *International Journal of Consumer Studies*, 2007, vol. 31, no 1, p. 26-33.

- GALLO, Mosè., MURINO, Teresa., and ROMANO, Elpidio. The Simulation of Hybrid Logic in Reverse Logistics Network. *Selected Topics in System Science and Simulation Engineering*, 2010, p. 378-384.
- GONZÁLEZ-TORRE, Pilar L., and ADENSO-DÍAZ, Belarmino. Reverse logistics practices in the glass sector in Spain and Belgium. *International Business Review*, 2006, vol. 15, no 5, p. 527-546.
- GUERRA, L., MURINO, T., and ROMANO, E. Reverse Logistics for Electrical and Electronic Equipment: a modular simulation model. *Proceeding of the 8th Recent Advances in System Science and Simulation in Engineering ICOSSE*, 2009, p. 307-312.
- GUIDE, Daniel., and VAN WASSENHOVE, Luk. OR FORUM—The evolution of closed-loop supply chain research. *Operations Research*, 2009, vol. 57, no 1, p. 10-18.
- HAMZA, Heba., WANG, Yan., and BIDANDA, Bopaya. Modeling total cost of ownership utilizing interval-based reliable simulation technique in reverse logistics management. En IIE Annual conference and Exposition. 2007. p. 19-23.
- HAYLAMICHEAL, Israel D., and DALVIE, Mohamed A. Disposal of obsolete pesticides, the case of Ethiopia. *Environment international*, 2009, vol. 35, no 3, p. 667-673.
- HIRSCH, Bernd E., KUHLMANN, Thorsten., and SCHUMACHER, Jens. Logistics simulation of recycling networks. *Computers in Industry*, 1998, vol. 36, no 1, p. 31-38
- HOSSEINZADEH, Mostafa., and ROGHANIAN, Emad. An Optimization Model for Reverse Logistics Network under Stochastic Environment Using Genetic Algorithm. *International Journal of Business and Social Science*, 2012, vol. 3, no. 12, p. 1-17.
- HU, Tung-Lai., SHEU, Jih-Biing., and HUANG, Kuan-Hsiung. A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2002, vol. 38, no 6, p. 457-473.
- IBITAYO, Oluromiyi O. Egyptian farmers' attitudes and behaviors regarding agricultural pesticides: implications for pesticide risk communication. *Risk analysis*, 2006, vol. 26, no 4, p. 989-995.
- JAYANT, A., GUPTA, P. and GARG, S.K. Design and Simulation of Reverse Logistics Network: A Case Study. *Proceedings of the World Congress on Engineering*. Julio 2011, vol. 1.
- JAYARAMAN, V., GUIDE J. V.D.R., and SRIVASTAVA, R., A closed loop logistics model for use within a recoverable manufacturing environment. *Journal of Operational Research Society*. 1999, vol. 50, no. 5, p. 497-509.
- KARA, S., RUGRUNGRUANG, F., and KAEBERNICK, H. Simulation modelling of reverse logistics networks. *International Journal of Production Economics*, 2007, vol. 106, no 1, p. 61-69.
- KÖHNE, John Maximilian., KÖHNE, Sigrid., and ŠIMŮNEK, Jirka. A review of model applications for structured soils: b) Pesticide transport. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2009, vol. 104, no 1, p. 36-60.
- KONDOH, Shinsuke., TATENO, Toshitake., and MATSUMOTO, Mitsutaka. Multi-agent simulation of component reuse focusing on variations in user preference. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2009, vol. 1, no 4, p. 287-293.

- KORCHI, A., and MILLET, D. Designing a sustainable reverse logistics channel: the 18 generic structures framework. *Journal of Cleaner Production*. 2011, vol. 19, p. 588-597.
- KRIPPENDORFF, Klaus. Content analysis: An introduction to its methodology. Sage, 2012.
- KWAN, Tan A., and KUMAR, A. A decision-making model for reverse logistics in the computer industry. *International Journal of Logistics Management*. 2006, vol. 17, no. 3, p. 331 - 354
- LADEIRA, Wagner Junior., MAEHLER, Alisson Eduardo., and NASCIMENTO, Luís Felipe Machado do. Logística reversa de defensivos agrícolas: fatores que influenciaram na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 2012, vol. 50, no 1, p. 157-174.
- LEE, C. K. M., and CHAN, T. M. Development of RFID-based reverse logistics system. *Expert Systems with Applications*, 2009, vol. 36, no 5, p. 9299-9307.
- LIU, Hong., ZHANG, Qishan., and WANG, Wenping. Research on location-routing problem of reverse logistics with grey recycling demands based on PSO. *Grey Systems: Theory and Application*, 2011, vol. 1, no 1, p. 97-104.
- LOGOŽAR, Klavdij., RADONJIČ, Gregor., and BASTIČ, Majda. Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: A case of aluminium industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 2006, vol. 49, no 1, p. 49-67.
- MARASCO, Alessandra. Third-party logistics: a literature review. *International Journal of Production Economics*, 2008, vol. 113, no 1, p. 127-147.
- MATSUMOTO, Mitsutaka. Development of a simulation model for reuse businesses and case studies in Japan. *Journal of Cleaner Production*, 2010, vol. 18, no 13, p. 1284-1299.
- MILES, J. R. W., HARRIS, C. R., and MORROW, D. C. Assessment of hazards associated with pesticide container disposal and of rinsing procedures as a means of enabling disposal of pesticide containers in sanitary landfills. *Journal of Environmental Science & Health Part B*, 1983, vol. 18, no 3, p. 305-315.
- MUTHA, Akshay., and POKHAREL, Shaligram. Strategic network design for reverse logistics and remanufacturing using new and old product modules. *Computers & Industrial Engineering*, 2009, vol. 56, no 1, p. 334-346.
- PARADA, José. *Incorporación de la Logística Inversa en la Cadena de Suministros y su influencia en la estructura organizativa de las empresas*. Universitat de Barcelona, 2010.
- POKHAREL, Shaligram., and MUTHA, Akshay. Perspectives in reverse logistics: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 2009, vol. 53, no 4, p. 175-182
- RAVI, V., and SHANKAR, Ravi. Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics. *Technological Forecasting and Social Change*, 2005, vol. 72, no 8, p. 1011-1029.
- RAVI, V., SHANKAR, Ravi., and TIWARI, M. K. Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. *Computers & Industrial Engineering*, 2005, vol. 48, no 2, p. 327-356.
- ROGERS, Dale. *Glossary*. Reverse Logistics Executive Council. 2007. [On line]: <<http://www.rlec.org/glossary.html>>.

ROGERS, Dale S., MELAMED, Benjamin., and LEMBKE, Ronald S. Modeling and Analysis of Reverse Logistics. *Journal of Business Logistics*, 2012, vol. 33, no 2, p. 107-117.

ROGERS, Dale S., and TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. Going backwards: reverse logistics trends and practices. Pittsburgh, PA: Reverse LogisticsExecutive Council, 1999.

RUBIO, Sergio., CHAMORRO, Antonio., and MIRANDA, Francisco J. Characteristics of theresearchon reverse logistics (1995–2005). *International Journal of Production Research*, 2008, vol. 46, no 4, p. 1099-1120.

RUBIO, Sergio. El sistema de logística inversa en la empresa: análisis y aplicaciones. Universidad de Extremadura. Tesis doctoral, 2003.

SCHULTMANN, Frank., ZUMKELLER, Moritz., and RENTZ, Otto. Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry. *European Journal of Operational Research*, 2006, vol. 171, no 3, p. 1033-1050.

SEITZ, Margarete A. A critical assessment of motives for product recovery: the case of engine remanufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 2007, vol. 15, no 11, p. 1147-1157.

SILVA, Diogo *et al.* Comparison of disposable and returnable packaging: a case studyof reverse logistics in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 2013, vol 47, p. 377-387.

SINZOGAN, A. A. C., *et al.* Farmers' knowledge and perception of cotton pests and pest control practices in Benin: results of a diagnostic study. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 2004, vol. 52, no 3, p. 285-303.

SIVANESAN, S. D., *et al.* Genotoxicity of pesticide waste contaminated soil and its leachate. *Biomedical and Environmental Sciences*, 2004, vol. 17, no 3, p. 257-265.

SRIVASTAVA, Samir K. Network design for reverse logistics. *Omega*, 2008, vol. 36, no 4, p. 535-548.

STOCK, James R., and MULKI, Jay P. Product returns processing: an examination of practices of manufacturers, wholesalers/distributors, and retailers. *Journal of Business Logistics*, 2009, vol. 30, no 1, p. 33-62.

STOCK, James. Reverse Logistics. Oak Brook: Council of Logistics Management.1992.

TAN, Albert Wee Kwan., and KUMAR, Arun. A decision-making model for reverse logistics in the computer industry. *International Journal of Logistics Management*, 2006, vol. 17, no 3, p. 331-354.

TUZKAYA, Gülfem., GÜLSÜN, Bahadır., and ÖNSEL, Şule. A methodology for the strategic design of reverse logistics networks and its application in the Turkish white goods industry. *International Journal of Production Research*, 2011, vol. 49, no 15, p. 4543-4571.

VEIGA, Marcelo Motta. Flaws in Brazilian take-back program for pesticide containers in a small rural community. *Management Research News*, 2008, vol. 32, no 1, p. 62-77.

WADHWA, S., MADAN, J., and CHAN, F. T. S. Flexible decision modeling of reverse logistics system: A value adding MCDM approach for alternative selection. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2009, vol. 25, no 2, p. 460-469

WILCOX, William, *et al.* A Markov model of liquidity effects in reverse logistics processes: The effects of random volume and passage. *International Journal of Production Economics*, 2011, vol. 129, no 1, p. 86-101.

WRIGHT, Robert E., *et al.* Recycling and Reverse Logistics. *Journal of Applied Business & Economics*, 2011, vol. 12, no 5, p. 9-20.

YIN, Robert K. Case study research: Design and methods. Sage, 1994.

BIOGRAFIA

EDUIN DIONISIO CONTRERAS

Ingeniero Industrial de la Universidad de Boyacá. Magíster en Diseño y Gestión de Procesos, Universidad de la Sabana. Especialista en Gestión de Productividad y Calidad, Universidad Autónoma Colombia. Diplomado en Sistemas de Gestión de Calidad ISO 9001:2000, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. Auditor Interno en ISO 9001:2000 certificado por HJ & Asociados y el IRCA. Diplomado en Docencia Universitaria, Universidad de Boyacá. Docente e investigador en las áreas de Ingeniería de Métodos y Tiempos, Investigación de Mercados, Gestión de Calidad, Logística e Investigación de Operaciones. Actualmente se desempeña como Director del Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de Boyacá. Tunja – Boyacá – Colombia.

JULIÁN DAVID SILVA RODRÍGUEZ

Ingeniero Industrial de la Universidad de Boyacá. Candidato a Magister en Ingeniería con énfasis en Industrial en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Actualmente se desempeña como Joven Investigador del programa de Ingeniería Industrial en convenio con el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS y la Universidad de Boyacá y Docente de la Universidad de Boyacá.