



Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

DISEÑO DE UNA RED DE LOGÍSTICA INVERSA DE ENVASES Y EMPAQUES VACÍOS DE PLAGUICIDAS EN EL DISTRITO DE RIEGO DE USOCHICAMOCHA – BOYACÁ

Julián David Silva Rodríguez

**Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Sogamoso, Colombia**

**Universidad de Boyacá
Tunja, Colombia**

Resumen

Este documento presenta los resultados parciales de una investigación adelantada en el distrito de riego USOCHICAMOCHA del Departamento de Boyacá – Colombia, el cual enfrenta un problema a causa del mal manejo y tratamiento que se le viene dando a los envases y empaques vacíos de plaguicidas por parte de los agricultores, causando así contaminación en el medio ambiente, asimismo no se posee un proceso adecuado y estandarizado para la gestión de estos residuos. Debido a lo anterior, con la investigación a desarrollar se pretende plantear una posible configuración y funcionamiento de la red de logística inversa utilizada actualmente para la recolección, acopio y disposición final de los residuos de plaguicidas en dicha zona, para lo cual se realizará en primera instancia un diagnóstico de cómo se está llevando a cabo el proceso de recolección, acopio y disposición final de estos residuos y una identificación de las zonas de mayor generación de envases y empaques vacíos de plaguicidas teniendo en cuenta la actividad agrícola, para posteriormente proponer una alternativa de mejora al proceso actual, teniendo en cuenta todos los actores que participan en dicho proceso. Entre los principales hallazgos, se evidenció que los actores que participan en el proceso de recolección y disposición final de los residuos de plaguicidas, no están cumpliendo con la normativa estipulada, y se observa que el proceso realizado actualmente es empírico y no tiene en cuenta actividades propias de la logística inversa. De igual forma se logró la identificación de las diferentes actividades económicas de la zona bajo estudio, donde se observa que el 62% de las fincas que componen el distrito de riego, se dedican a la ganadería y el 38% se dedican a la agricultura.

Palabras clave: logística inversa; plaguicidas; retorno de envases

Abstract

This paper presents the partial results of an investigation conducted in the irrigation district USOCHICAMOCHA Department of Boyacá - Colombia, which faces a problem because of bad management and treatment that they are giving to the empty containers and packaging of pesticides by farmers, thus causing pollution in the environment, so it does not have adequate and standardized process for managing these wastes. Due to the above, with research develop it is to raise one possible configuration and network operation reverse logistics currently used for collection, storage and disposal of pesticide residues in that area, for which will be held in first instance a diagnosis of how it is carrying out the process of collection, storage and disposal of this waste and identifying the areas of greatest generation of empty containers and packaging of pesticides taking into account farming, later propose an alternative to improve the current process, taking into account all the actors involved in this process. Between the main findings, it was evident that the actors involved in the collection process and final disposition of pesticide residues are non-compliance with the regulations stipulated and it shows that the process is currently performed empirical and ignores reverse logistics own activities. Likewise, the identification of the different economic activities of the area under study, which shows that 62% of farms that make up the irrigation district are dedicated to livestock and 38% are engaged in agriculture, was achieved.

Keywords: reverse logistics; pesticides; return of packaging

1. Introducción

Según Rogers, *et al.* (2012), durante los últimos años, se ha evidenciado un crecimiento significativo en el desarrollo de investigaciones relacionadas con Logística Inversa (LI). En consecuencia, las empresas se han venido incentivando en diseñar e implementar sistemas de LI (Diabat, *et al.*, 2013); 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 Álvarez-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 re fabricación. 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 LI: 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, *et al.*, 1998; Stock, *et al.*, 2009). Debido a lo anterior, varios autores como Carter, *et al.* (1998), Rogers, *et al.* (1999), Dowlatshahi (2000), Stock, *et al.* (2009), y Guide, *et al.* (2009), han descrito una extensa lista de sistemas de LI y sus estructuras, analizando la variedad de los problemas que surgen a raíz de esta. En consecuencia, los investigadores empezaron a centrar sus esfuerzos en diseñar sistemas de LI, con el fin de atacar los problemas relacionados con el mal manejo y tratamiento de los productos fuera de uso. Autores como Hu, *et al.* (2002), Sheu (2007), Zografos, *et al.* (2008), Bianco, Caramia, *et al.* (2009) y Verma, *et al.* (2012), han adelantado investigaciones con el fin de diseñar modelos de LI, para el control y buen manejo de materiales peligrosos. De igual forma Lee, *et al.* (2009), Liu, *et al.* (2011), Srivastava (2008), Che, *et al.* (2012) y Hosseinzadeh, *et al.* (2012), han llevado a cabo investigaciones con el fin de diseñar sistemas de LI para la gestión y recuperación de productos fuera de uso en diferentes industria como la informática, automotriz, entre otras.

Por otra parte, al momento de aplicar LI, las empresas buscan generar beneficios, logísticos, financieros y ambientales (Guide, *et al.*, 2009). De esta forma, una manera correcta de lograr estos beneficios, es a través de la mejora ambiental de productos y procesos por medio de la aplicación de sistemas de LI, como por ejemplo la aplicación en los procesos de recolección y disposición final de envases y empaques vacíos de plaguicidas. Autores como Elfvendahl, *et al.* (2004), Sivanesan, *et al.* (2004) y Buczyńska, *et al.* (2005), han adelantado investigaciones sobre el tema, donde afirman que ha aumentado la preocupación por los riesgos que pueden generar, tanto en los seres humanos como en el medio ambiente, la eliminación inadecuada o el tratamiento indebido de los residuos de plaguicidas, convirtiéndose en un riesgo para la salud humana, debido a que los agricultores reutilizan estos envases para uso doméstico.

Debido a lo anterior varios autores han empezado a centrar sus esfuerzos por realizar estudios cuyo objetivo se enfoca en la evaluación e identificación de los factores que llevan a los agricultores a realizar la devolución de envases y empaques de plaguicidas, al igual que la descripción de prácticas más comunes frente al manejo de estos residuos (Haylamicheal, *et al.*, 2009 y Ladeira, *et al.*, 2012). Por otra parte Contreras, *et al.* (2013), combinan LI con la recolección y disposición de 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, bajo los requerimientos de la norma ISO 9001:2008.

Dadas estas consideraciones, este artículo presenta los resultados parciales de una investigación desarrollada en el distrito de riego USOCHICAMOCHA del departamento de Boyacá - Colombia, en la cual se presenta un problema de manejo y tratamiento inadecuado de los residuos de plaguicidas por parte de los agricultores. De igual forma el proceso que actualmente realiza la empresa encargada de la recolección, acopio y

disposición final de estos residuos, es totalmente empírico, ya que no utiliza ninguna herramienta tecnológica ni ingenieril para la planificación de sus jornadas de recolección, lo que ocasiona demoras en el proceso y dificultades en la medición de la eficacia de dichas jornadas.

Debido a lo anterior, con la investigación a desarrollar se pretende plantear una posible configuración y funcionamiento de la red de logística inversa utilizada actualmente para la recolección, acopio y disposición final de los residuos de plaguicidas en dicha zona, con el fin de caracterizar el estado actual del proceso e identificar las zonas de mayor generación de residuos de plaguicidas para posteriormente por medio de herramientas de la investigación de operaciones, proponer diversos escenarios de mejoras del sistema actual. La zona bajo estudio es el distrito de riego USOCHICAMOCHA, el cual está comprendido por los municipios de Paipa, Duitama, Nobsa, Tibasosa, Sogamoso y Santa Rosa de Viterbo, contando con 9.353 hectáreas productivas y 8.858 predios beneficiados del distrito. Igualmente cabe destacar que la investigación que se está llevando a cabo con apoyo de la Corporación Campo Limpio, empresa encargada del proceso de recolección de residuos de plaguicidas en la zona bajo estudio y asimismo con el apoyo de la Oficina del Distrito de Riego USOCHICAMOCHA.

En este sentido, el presente artículo se estructura de la siguiente manera: en la Sección dos (2) se muestra la estructura metodológica, donde se explica cada una de las fases que se llevan a cabo para el diseño de la red de logística inversa. Luego, en la Sección tres (3) se muestran de manera sintetizada los resultados parciales de la investigación. Finalmente, en la Sección cuatro (4) se presentan las conclusiones producto de la investigación desarrollada hasta el momento.

2. Metodología

La investigación a desarrollar es de un estudio de caso según los lineamientos de Yin (2003), la cual maneja dos niveles de investigación: descriptivo y experimental con un enfoque netamente cuantitativo. Para el diseño de la red de logística inversa de envases y empaques vacíos de plaguicidas, se sigue la metodología expuesta por Taha (2012), la cual consta de las siguientes etapas:

ETAPA 1. Definición del Problema. En esta etapa se realizará un diagnóstico del proceso que se desarrolla actualmente en la unidad de riego para la recolección y acopio de los envases y empaques de plaguicidas. A través de la observación directa en las jornadas de recolección adelantadas por la empresa encargada, se describirá detalladamente por medio de un diagrama de flujo el proceso actual de recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas.

En ese mismo sentido, se llevará a cabo la aplicación de 95 encuestas, las cuales estarán dirigidas a los agricultores de la zona por medio de un muestreo aleatorio simple con población finita (1), con el fin de identificar en primera instancia los factores que llevan a los agricultores a entregar o no sus residuos de plaguicidas al mecanismo de devolución y determinar las prácticas más comunes que realizan los agricultores con los

residuos de plaguicidas. Posteriormente, se identificarán los predios de mayor generación de residuos de plaguicidas, de acuerdo a la actividad agrícola que realizan, estimando las cantidades y volúmenes de plaguicidas con base a las demandas de cada uno de los productos.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} = \frac{1.96^2 * 6304 * 0,5 * 0,5}{0,1^2 * (6304 - 1) + 1.96^2 * 0,5 * 0,5} = 94,61 \approx 95 (1)$$

Igualmente se llevarán a cabo entrevistas semi-estructuradas a los diferentes actores de participación del proceso como lo son comercializadores, empresa recolectora y empresa fabricante, con el objetivo de obtener la opinión y percepción que tienen cada uno de ellos frente a la forma como se está llevando a cabo el proceso de recolección, acopio y disposición final de los envases y empaques de plaguicidas, opiniones que serán tendidas en cuenta para el diseño de la red de LI.

Finalmente en esta etapa, se describirán todos los parámetros y variables que inciden en el proceso de recolección y acopio de los residuos de plaguicidas, excluyendo e incluyen todos los aspectos necesarios de acuerdo a la delimitación de la investigación. Finalmente se determinará el objetivo que tendrá el modelo matemático como posible solución al problema planteado.

ETAPA 2. Construcción del Modelo. En esta etapa se realizará la construcción del modelo matemático. En primera instancia se realizará una codificación de las variables y los parámetros definidos anteriormente, con el fin de facilitar la creación del modelo. Inicialmente se determinará la función objetivo de acuerdo al propósito definido en la etapa anterior. Seguidamente se determinarán las restricciones del modelo de acuerdo a las condiciones y delimitaciones actuales del proceso de recolección y acopio de los envases y empaques vacíos de plaguicidas. Para la construcción del modelo se pretende utilizar una herramienta matemática de Investigación de Operaciones.

ETAPA 3. Solución del Modelo. Se adelantarán visitas de campo con el fin de tomar los datos necesarios sobre cantidades generadas en cada unidad de riego, número de fincas que comprenden la unidad de riego, los cuales se tomarán durante las jornadas de recolección que se adelantan en la unidad. Seguidamente, a través de los comercializadores y fabricantes de los plaguicidas se recolectará información de las cantidades vendidas de plaguicidas para la unidad de riego bajo estudio. Igualmente a través de la empresa que actualmente realiza el proceso de recolección de los residuos, se recolectarán datos históricos sobre cantidades recogidas en las jornadas de recolección. Finalmente con la información organizada se alimentará el modelo para solucionarlo a través del software especializado de Investigación de Operaciones LINGO versión 14.

ETAPA 4. Validación del Modelo. A partir de la solución del modelo desarrollado en la etapa anterior, se realizará la validación teórica del modelo, donde se contrastará que dicho modelo planteado arroje los resultados que se esperaban y sean acordes y confiables con el sistema actual. Asimismo se plantearán y evaluarán posibles escenarios de mejora del sistema actual de recolección de los envases de plaguicidas, donde la

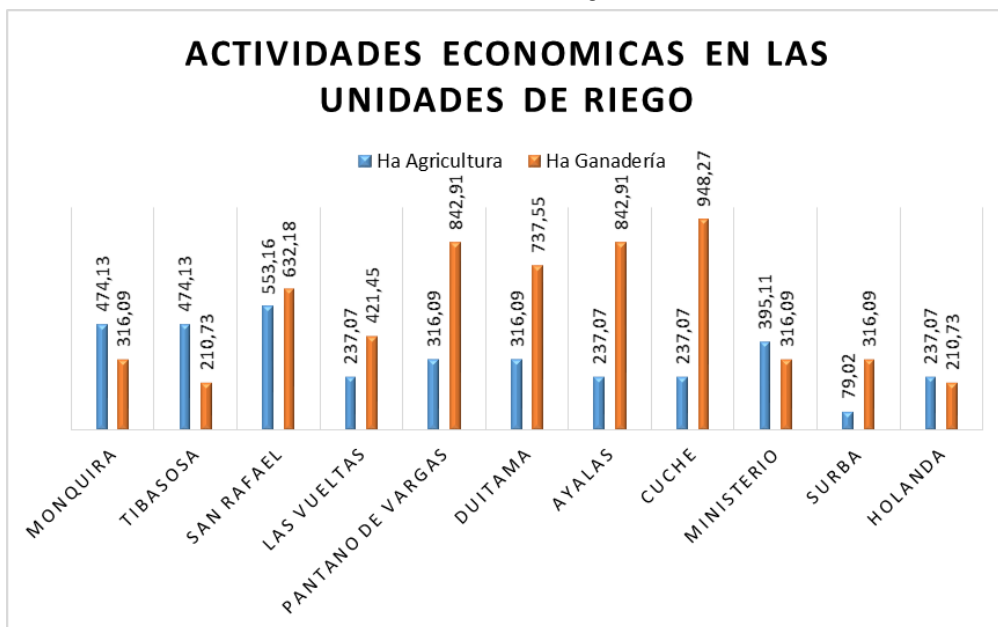
empresa Campo Limpio tendrá la posibilidad de implementar dichos escenarios de acuerdo a las mejoras sugeridas.

3. Resultados

3.1. Descripción distrito de riego USOCHICAMOCHA

El distrito de riego está ubicado en la cuenca alta de río Chicamocha en el Departamento de Boyacá, en jurisdicción de los municipios de Paipa, Duitama, Tibasosa, Nobsa, Sogamoso y Santa Rosa de Viterbo. El área beneficiada es de 11.300 hectáreas aproximadamente de las cuales 8.858 cuentan con infraestructura de Riego. De igual manera el sistema de riego diseñado para la totalidad del distrito es por aspersión, que opera sistema de demanda controlada, el cual incluye 11 unidades independientes de riego con sistemas de suministro y aplicación las cuales son: Ayalas, Cuche, Duitama, Holanda, Las vueltas, Ministerio, Monquirá, Pantano de Vargas, San Rafael, Surba y Tibasosa.

Figura 1. Actividades Económicas en las unidades de riego



Fuente: Autor

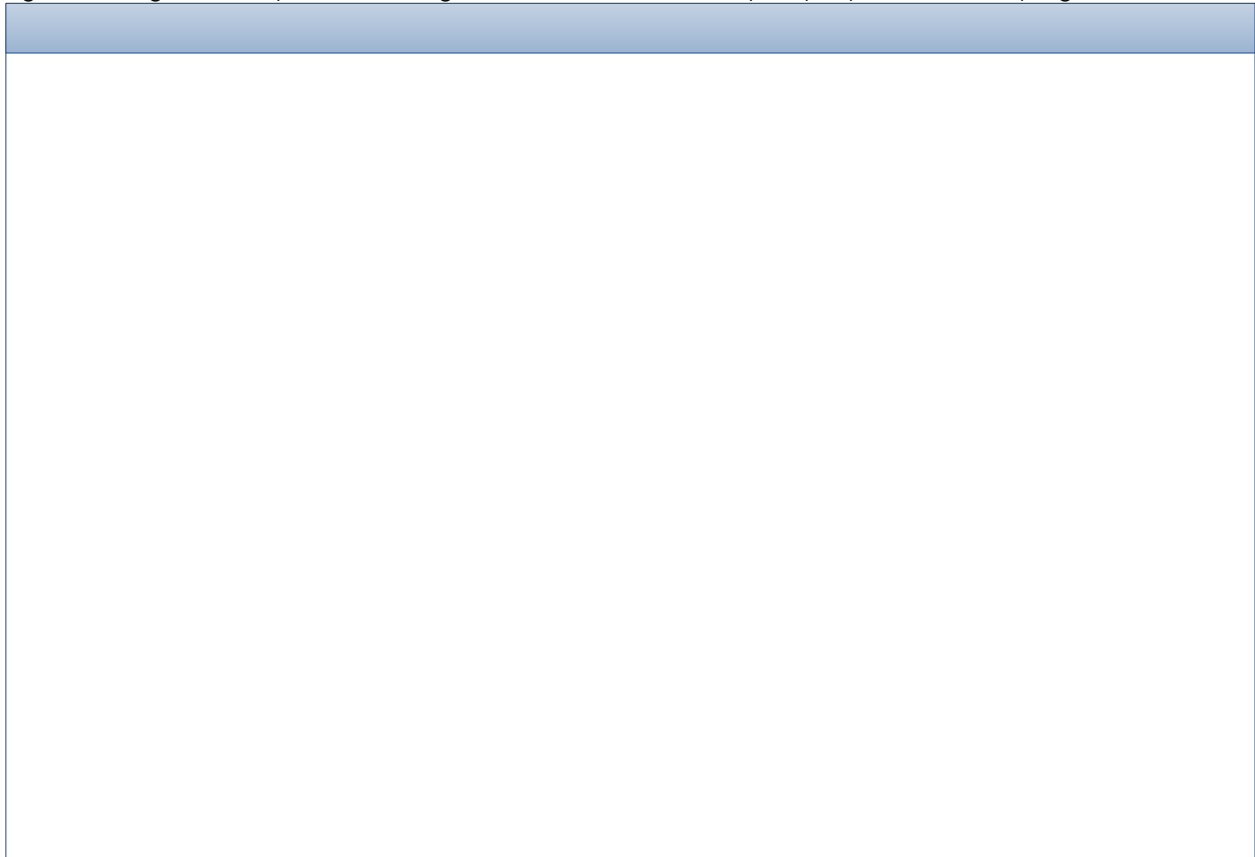
Durante la recolección de información se evidenció que el 62% de las hectáreas productivas del distrito de riego son destinadas para la ganadería, donde se desarrollan actividades de crianza de ganado Holstein y Normando para la producción de leche, obteniendo una producción promedio anual de 359.016 litros. De igual forma, el 38% de las hectáreas totales del distrito, representando a 3.556 hectáreas, son destinadas para la siembra de productos agrícolas, dentro de los cuales se encuentran cereales, tubérculos y hortofrutícolas. De igual forma, en la figura 1 se puede evidenciar que las unidades de Cuche, Ayalas y Pantano de Vargas son las que destinan mayor cantidad de hectáreas para llevar a cabo sus actividades relacionadas con la ganadería.

Igualmente, se evidencia que las unidades de San Rafael, Tibasosa y Monquirá son las mayores productoras agrícolas dentro de los municipios que componen el distrito de riego.

3.2. Descripción del proceso actual de logística inversa

El proceso de recolección y acopio de envases y empaques vacíos de plaguicidas que se desarrolla actualmente en el distrito de riego USOCHICAMOCHA, es llevado a cabo de forma totalmente empírica, ya que no tiene en cuenta las actividades propias de la LI. Además, no se utiliza ninguna herramienta tecnológica o de ingeniería que aporte tanto en la planificación como en la ejecución de las jornadas de recolección. El proceso de logística inversa que se desarrolla actualmente comprende 4 etapas: Divulgación, Recolección, Acopio y Disposición final. En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo del proceso bajo estudio, el cual lista todas las actividades que comprenden las etapas anteriormente mencionadas.

Figura 2. Diagrama del proceso de logística inversa de envases y empaques vacíos de plaguicidas



Fuente: Autor

- **Fase de Divulgación.** En esta etapa inicial, el distrito de riego con cooperación de la empresa recolectora y las empresas distribuidoras de los diferentes municipios que comprenden la zona bajo estudio, hace una propagación de información anticipada por medio de folletos o verbalmente donde se les comunica las fechas programadas para las jornadas. De igual forma, se realiza perifoneo, recorriendo los diferentes predios,

donde se informa a los agricultores la fecha, el lugar de recolección y el tratamiento adecuado a los envases y empaques.

- **Fase de Recolección.** En esta etapa se traslada una volqueta, la cual recorre las fincas de cada unidad con el fin de que el generador haga entrega de los residuos de plaguicidas a la empresa encargada. En el trabajo de campo se evidenció que 2 de cada 11 fincas entregan sus envases clasificados y con el tratamiento adecuado, situación que ocasiona dificultad en el proceso de clasificación y procesamiento de los envases y además se incumple con el artículo 7 de la Resolución 693 (2007).

Posteriormente el operario recolector ubica el sitio donde se encuentran situados los residuos de plaguicidas para efectuar una pre inspección de los residuos y observar que sean exclusivamente residuos de plaguicidas, además de detallar el estado en que se encuentran estos residuos. En el momento de tener asegurado los desechos, se procede a trasladarlos hasta el vehículo, donde se verifica el tipo y cantidad de los residuos entregados, diligenciando un acta de entrega de Residuos Peligrosos (RESPEL) firmado por el agricultor que realiza la entrega.

- **Fase de Acopio.** Al finalizar el recorrido por la totalidad de las fincas, el vehículo se desplaza al centro de acopio correspondiente. En primera instancia en el centro de acopio, se ubica el sitio adecuado donde se realiza el descargue de los residuos recolectados. Posteriormente, el operario recolector procede a ordenar los residuos en el centro de acopio para apilarlos de forma segura.

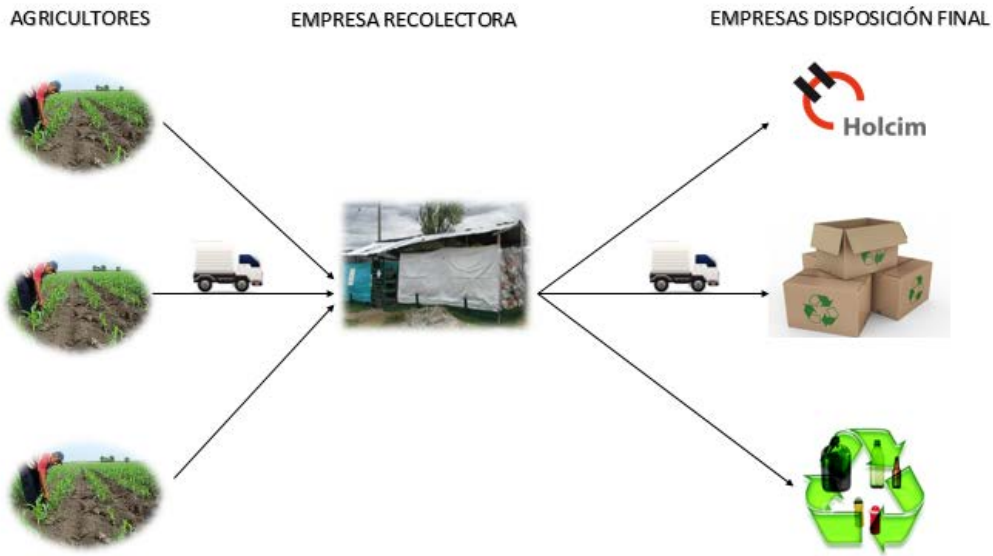
- **Fase de Disposición Final.** Una vez almacenados los residuos de plaguicidas de forma segura, se realiza una revisión de los diferentes tipos de residuos recolectados. Según datos de la empresa recolectora, se estima que el 10% de los residuos recolectados, corresponden a cartón, el cual será enviado a la empresa Recitundama para reciclaje y el 90% restante de residuos que está compuesto por material plástico rígido, lonas y bolsas aluminizadas. Posteriormente se verifica las condiciones de los residuos de plástico rígido, donde los que tengan el debido tratamiento serán enviados para reciclaje, con el fin de utilizarlos para la fabricación de nuevos productos como madera plástica y los residuos que no posean el tratamiento adecuado serán enviados a la empresa Holcim para realizarles ecoprocesamiento.

3.3. Estructura del proceso actual de logística inversa

Actualmente, en el proceso de recolección, acopio y disposición final de los envases y empaques vacíos de plaguicidas intervienen diferentes actores de participación como fabricantes e importadores, distribuidores o comercializadores, aplicadores de plaguicidas o agricultor y entidades gubernamentales, los cuales deberán cumplir con las responsabilidades asignadas para cada uno de ellos en la resolución 1675 de 2013.

Por otra parte la cadena logística inversa actual, posee tres eslabones a saber: agricultores, empresa recolectora y empresas donde se lleva a cabo la disposición final de los diferentes envases y empaques vacíos de plaguicidas (Figura 3)

Figura 3. Cadena de logística inversa actual



Fuente: Autor

4. Conclusiones

De acuerdo con el diagnóstico realizado al proceso actual de recolección, acopio y disposición final de los envases y empaques vacíos de plaguicidas que se realiza en el distrito de riego USOCHICAMOCHA - Boyacá, se puede deducir que el proceso es totalmente empírico y no se puede considerar como de logística inversa. Sin embargo, se evidencia que el proceso posee algunas fortalezas como en la etapa de divulgación, en donde se realiza un cubrimiento total de los actores que participan en el proceso; además, en la fase de recolección se está realizando un correcto recorrido que abarca la totalidad de las fincas generadoras de residuos, donde se evidencia que la mayoría de los agricultores sigue los protocolos mínimos para el manejo de los envases vacíos de plaguicidas.

Igualmente, el proceso de recolección, acopio y disposición final de envases y empaques vacíos de plaguicidas, no utiliza ninguna herramienta tecnológica o ingenieril para la planificación y ejecución de las jornadas de recolección, lo cual hace que no se posea un control sobre la ejecución del proceso y una evaluación tanto de la eficacia como la eficiencia del proceso. El proceso bajo estudio se compone de 4 etapas: divulgación de las jornadas, recolección de los residuos generados en cada finca, acopio del total de los residuos recolectados en la jornada y disposición final de la totalidad de los residuos.

5. Referencias

- Buczyńska, A. and Szadkowska-Stańczyk, I. (2005). Identification of health hazards to rural population living near pesticide dump sites in Poland. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, Vol. 18, No. 4, pp. 331-339.
- Carter, C. R. and Ellram, L. M. (1998). Reverse logistics--a review of the literature and framework for future investigation. *Journal of business logistics*. Vol. 19, No. 1, pp. 85-102.
- Che, Z., Chiang, T., and Kuo, Y. (2012). Multi-echelon reverse supply chain network design with specified returns using particle swarm optimization. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, Vol. 8, No. 10, pp. 6719-6731.
- Colombia. Resolución 693/2007, de 19 de Abril. *Diario Oficial de la República*, 24 de Abril de 2007, núm. 46.609.
- Diabat, A., Kannan, D., Kaliyan, M., and Svetinovic, D. (2013). An optimization model for product returns using genetic algorithms and artificial immune system. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 74, pp. 156-169.
- Dowlatshahi, S. (2000). Developing a theory of reverse logistics. *Interfaces*, Vol. 30, No. 3, pp. 143-155.
- Elfvendahl, S. *et al.* (2004). Pesticide pollution remains severe after cleanup of a stockpile of obsolete pesticides at Vikuge, Tanzania. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, Vol. 33, No. 8, pp. 503-508.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A., and Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: a review. *European journal of operational research*, Vol. 103, No. 1, pp. 1-17.
- Gallo, M., Murino, T., and Romano, E. (2010). The Simulation of Hybrid Logic in Reverse Logistics Network. *Selected Topics in System Science and Simulation Engineering*, pp. 378-384.
- Guide Jr, V. D. R., and Van Wassenhove, L. N. (2009). OR FORUM-the evolution of closed-loop supply chain research. *Operations Research*, Vol. 57, No. 1, pp. 10-18.
- Haylamicheal, I. D., and Dalvie, M. A. (2009). Disposal of obsolete pesticides, the case of Ethiopia. *Environment international*, Vol. 35, No. 3, pp. 667-673.
- Hosseinzadeh, M. and Roghanian, E. (2012). An Optimization Model for Reverse Logistics Network under Stochastic Environment Using Genetic Algorithm. *International Journal of Business and Social Science*, Vol. 3, No. 12, pp. 1-17.
- Ladeira, W. J., Maehler, A. E. and Nascimento, L. F. M. D. (2012). Logística reversa de defensivos agrícolas: fatores que influenciam na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 50, No. 1, pp. 157-174.
- Lee, C. K. M. and Chan, T. M. (2009). Development of RFID-based reverse logistics system. *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 5, pp. 9299-9307.
- Liu, H., Zhang, Q. and Wang, W. (2011). Research on location-routing problem of reverse logistics with grey recycling demands based on PSO. *Grey Systems: Theory and Application*, Vol. 1, No. 1, pp. 97-104.
- Rogers, D. (2007, marzo). Glossary. Consultado el 29 de Mayo 2015 en <http://www.rlec.org/glossary.html>.

- Rogers, D. S., Melamed, B. and Lembke, R. S. (2012). Modeling and analysis of reverse logistics. En: Journal of Business Logistics, Vol. 33, No. 2, pp. 107-117.
- Rogers, D.S. & Tibben-Lembke, R.S. (1999). Going Backwards. Reverse Logistics Trends and Practice. Pittsburgh, PA: Council of Logistics Management.
- Sivanesan, S. D. *et al.* Genotoxicity of pesticide waste contaminated soil and its leachate. Biomedical and Environmental Sciences, 2004, Vol. 17, No 3, pp. 257-265.
- Srivastava, S. K. (2008). Network design for reverse logistics. Omega, Vol. 36, No. 4, pp. 535-548.
- Stock, J. R. and Mulki, J. P. (2009). Product returns processing: an examination of practices of manufacturers, wholesalers/distributors, and retailers. Journal of Business Logistics, Vol. 30, No. 1, pp. 33-62.
- Stock, J.R. (1992). Reverse Logistics. Council of Logistics Management: Oak Brook, IL.
- Taha, H.A. (2012). Investigación de Operaciones. Pearson Educación. Mexico D.F., pp. 824.
- Yin, R. K. (2003). Case Study Research: Design and Methods. Sage Publications. 3rd Edition.

Sobre el autor

- **Julián David Silva Rodríguez.** Ingeniero Industrial, Candidato a Magister en Ingeniería con énfasis en Industrial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Docente Tiempo Completo de la Universidad de Boyacá. julian.silva02@uptc.edu.co, jdsilva@uniboyaca.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)