

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECOLECCIÓN DE ENVASES Y EMPAQUES VACÍOS DE PLAGUICIDAS\*

## DESIGN OF A REVERSE LOGISTICS SYSTEM FOR THE COLLECTION OF EMPTY CONTAINERS AND PACKAGING OF PESTICIDES

Eduin Dionisio Contreras Castañeda <sup>1,\*</sup>, Ana Mercedes Fraile Benítez<sup>1</sup>, Julián David Silva Rodríguez<sup>1</sup>

### RESUMEN

Este documento presenta los resultados finales de una investigación adelantada en el sector del Pantano de Vargas 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 contaminación en el medio ambiente. Debido a lo anterior, se planteó como objetivo principal realizar el diagnóstico del proceso de recolección y disposición final de los residuos generados, que permita el diseño de un proceso de Logística Inversa para los envases y empaques vacíos de plaguicidas en esta unidad de riego. Para lograr el objetivo propuesto se recolectó información mediante rastreo bibliográfico, observación directa y encuestas dirigidas a proveedores, agricultores y recolectores de los residuos en la zona de estudio. Además, se revisó la normativa legal aplicable a la recolección de envases vacíos de plaguicidas. Asimismo, se obtuvo la descripción gráfica de la recolección actual y se plantea la caracterización de un proceso de Logística Inversa. 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. Se propone un proceso documentado bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO 9001:2008, que permita la mejora continua del mismo.

**Palabras Clave:** Logística inversa, gestión de procesos, ISO, manejo de residuos de plaguicidas, Pantano de Vargas, Usochicamocha – Boyacá.

### ABSTRACT

This paper shows the outcomes of a research process that was implemented in the Pantano de Vargas area, in Boyacá – Colombia. This place faces a big issue due to bad management and treatment that farmers are giving to empty containers and packaging of pesticides, producing environmental pollution. Because of this, the main objective of this research project was carrying

---

\*VI Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias, 24 al 26 de julio de 2013. Pontificia Universidad Javeriana de la ciudad de Bogotá D.C. – Colombia. Artículo actualizado

<sup>1</sup>Universidad de Boyacá. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Programa Ingeniería Industrial, Tunja, Colombia, Tunja, Colombia.

\*Autor para correspondencia: [econtreras@uniboyaca.edu.co](mailto:econtreras@uniboyaca.edu.co)

Recibido: 09.07.2013 Aceptado: 12.10.2013

out a diagnosis about the collecting and disposal of waste, that allows the design of a reverse logistics process for empty pesticides containers and packaging in this irrigation unit. To fulfill this objective, information was gathered by means of bibliographical tracking, direct observation and surveys to suppliers, farmers and waste collectors in the area. Moreover, legal regulations on empty pesticides containers were reviewed. Likewise, the graphic description of the current collection was obtained and a characterization of a reverse logistics process was raised. It was evident from the main findings that people who take part in the collection and final disposal of pesticides' waste are not accomplishing the regulations, besides, the process that is taking place now is empirical and does not take into account activities that have to do with reverse logistics. A process under the light of law NTC-ISO 9001:2008 guidelines is put forward which allows the continuous improvement of itself.

**Keywords:** Reverse logistics, processes management, ISO, pesticides' waste handling, Pantano de Vargas, Boyacá.

## INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas son productos químicos, sintéticos y naturales usados para controlar el desarrollo de microorganismos, plagas y pestes, que son nocivos para el hombre, cultivos y el medio ambiente. Autores como Elfvendahl *et al.* (2004), Sivanesan *et al.* (2004) y Buczyńska & Szadkowska-Stańczyk (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.

En consecuencia, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia adelanta acciones para evitar la disposición conjunta de Residuos peligrosos (Clasificados según Decreto 4741 (2005) con los residuos domésticos. Dentro del grupo de residuos peligrosos que especifica este decreto se encuentran incluidos los empaques y envases de plaguicidas, y es por esta razón que los generadores de plaguicidas deben cumplir con esta normativa legal. De igual manera, los fabricantes o importadores de plaguicidas deben cumplir con lo estipulado en la Resolución 693 (2007), la cual hace énfasis en la devolución de productos posconsumo.

De esta manera, los envases y empaques fuera de uso pueden entrar en un proceso de logística inversa, con el fin de evitar el contacto directo con los seres vivos. Además de contribuir con el problema central de la investigación que se refiere al manejo y tratamiento inadecuado que se le da a dichos residuos por parte de los agricultores, el cual se pudo evidenciar a través de la encuesta realizada a la empresa encargada de la recolección y la observación directa en las jornadas adelantadas por dicha empresa.

Debido a que el Pantano de Vargas tiene la posibilidad de abastecimiento constante de agua y, asimismo, puede ejercer la actividad agrícola en las épocas del año en la que otros agricultores no pueden realizar siembra por la falta de lluvia, esta unidad se convierte en una zona con potencial de generación de envases y empaques vacíos de plaguicidas, por lo que se hace necesario conocer el proceso actual de divulgación, recolección, acopio y disposición final de los envases contaminados, y posteriormente diseñar un proceso que reúna las etapas anteriormente mencionadas y que garantice la eficacia en la planificación, ejecución, verificación y mejora del mismo.

Una alternativa para la recolección eficaz de los envases y empaques de plaguicidas es aplicar Logística Inversa. Diferentes autores como Stock (1992), Rogers & Tibben-Lembke

(1999) y Dowlatshahi (2000) han estudiado el concepto de logística inversa a través de sus investigaciones, expresándola como “el proceso de planificación, implantación y control eficiente del flujo efectivo de costos y almacenaje de materiales, inventarios en curso y productos terminados, así como de la información relacionada, desde el punto de consumo al punto de origen, con el fin de recuperar valor o su correcta disposición.

Según Saghir (2002), Daugherty *et al.* (2004), Pokharel & Mutha (2009) y Stock & Mulki (2009), la logística inversa ofrece beneficios tanto sociales como económicos; en los primeros se encuentran inmersos los intereses medioambientales, contribuyendo a la disminución del impacto medioambiental, y en los últimos hay un gran desarrollo gracias a que en los próximos años va a suponer un importante crecimiento en el mundo empresarial, convirtiéndose en uno de los negocios con mayor auge; además, ofrece beneficios en la reducción de pérdidas de devolución y mejoramiento de la imagen de las compañías.

De acuerdo con lo anterior, varios autores han enfocado sus investigaciones en realizar estudios de casos en empresas que desarrollan procesos de logística inversa. Ravi & Shankar (2005) elaboraron un estudio de caso de una empresa de fabricación de papel de la India, realizando un examen crítico de ésta y haciendo uso de la metodología SAP-LAP. En el estudio se concluye que las actividades de logística inversa en este tipo de industrias en la India se encuentran en una etapa inicial y, por tanto, las empresas no han utilizado los beneficios reales de la logística inversa.

Olorunniwo & Li (2010) investigan acerca de la manera en la que el uso de las Tecnologías de la Información (TI) y las iniciativas de gestión en la cadena de suministros impactan en el rendimiento de la logística inversa de una empresa, por medio de estudios exploratorios y revisión bibliográfica en 600 empresas norteamericanas.

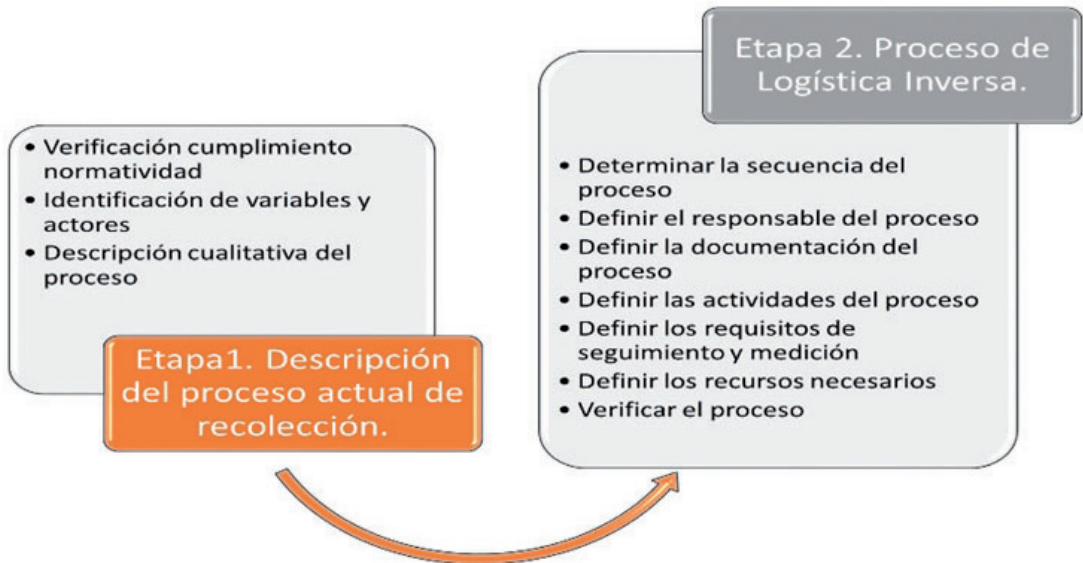
En el caso particular de residuos peligrosos, como lo son los plaguicidas, Ladeira *et al.* (2012), verifican cuales son los factores que llevan a los agricultores a realizar logística inversa de los envases de plaguicidas. En esta investigación se concluyó que existen varios factores influyentes en 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.

Dadas estas consideraciones, en este trabajo se presenta un diagnóstico sobre el proceso actual de recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas, y partiendo de dicho diagnóstico diseñar un proceso de Logística Inversa, siguiendo los lineamientos de la gestión por procesos y la Norma Internacional NTC-ISO 9001:2008 para la unidad de riego Pantano de Vargas. La vereda del Pantano de Vargas está ubicada a 12 km del Municipio de Paipa y a 42 km de la capital del departamento de Boyacá - Colombia, la cual hace parte de la asociación de usuarios del distrito de riego y drenaje del alto Chicamocha y Firavitoba denominada Usochicamocha, que comprende municipios como Duitama, Paipa y Tibasosa.

En este sentido, el presente artículo se estructura de la siguiente manera: en la Sección dos (2) se explica la metodología que se siguió para la investigación y cada una de sus etapas pertinentes para cumplir con el objetivo propuesto. Luego, en la Sección tres (3) se muestran de manera sintetizada los principales resultados encontrados en la investigación y una breve discusión de los mismos. Finalmente, en la Sección cuatro (4) se presentan las principales conclusiones.

## METODOLOGÍA

Se realizó un estudio descriptivo, que implicó una reconstrucción de la información relacionada con la normativa existente, la manera como actualmente se realiza la recolección y disposición final de los empaques y envases vacíos de plaguicidas en la unidad de riego Pantano de Vargas de Usocicamocho y el diseño de un proceso de logística inversa para la eficaz recolección y tratamiento de estos desechos. La metodología planteada en esta investigación se encuentra fundamentada en la gestión por procesos, con recomendaciones metodológicas de García (2002), Genchev (2009) y la International Organization for Standardization ISO (2008). El esquema metodológico se representa en la figura 1.



**Figura 1.** Metodología para el diseño del proceso de LI basada en ISO (2008).

Con esta metodología se procedió al desarrollo del proyecto que consta de las siguientes etapas:

### **Etapa 1. Descripción del proceso actual de recolección.**

En esta etapa se realizó la verificación del cumplimiento de los requisitos para los planes de producto posconsumo mediante una lista de chequeo, según los requisitos exigidos por la Resolución 693 (2007) que deben cumplir las empresas fabricantes y proveedoras de plaguicidas en la zona bajo estudio. Se logró identificar, por medio de rastreo bibliográfico en la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá), un total de 17 empresas que radicaron los planes posconsumo para envases y empaques vacíos de plaguicidas.

En ese mismo sentido, durante un mes se realizó recolección de información en la zona bajo estudio a través de observación directa para identificar el número de agricultores involucrados, y las técnicas utilizadas en el acopio y entrega de desechos de plaguicidas a la compañía encargada de realizar la recolección y disposición final de los mismos. En este propósito, se realiza un mapeo del sector Pantano de Vargas, identificando 1291 predios repartidos en 4 veredas, donde se realizó un muestreo intencional o de conveniencia siguiendo los lineamientos expuestos por Kinneer & Taylor (1998), logrando la aplicación de 12 encuestas dirigidas a los agricultores de la zona con mayor experiencia e influencia en el tema de plaguicidas. Por último, se realiza un diagrama de flujo de proceso describiendo al detalle el proceso actual de recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas.

## **Etapas 2. Proceso de Logística Inversa.**

Luego de realizar la descripción actual del proceso de recolección de desechos plaguicidas, se planteó el diseño de un proceso de logística inversa para la recolección y disposición final de estos desechos, siguiendo la metodología del enfoque basado en procesos propuesta por ISO (2008). En coherencia con lo propuesto por ISO (2008), es necesario en el diseño de un proceso determinar sus actividades de Planeación, Ejecución, Verificación y Acción (Ciclo PHVA), lo que conlleva a caracterizar el proceso de logística inversa, teniendo en cuenta la secuencia del proceso, el (los) responsable(s), documentación, actividades, requisitos de seguimiento y medición, recursos necesarios y verificar el proceso con respecto a sus objetivos planificados.

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL DE RECOLECCIÓN**

### **Verificación Planes de Productos Posconsumo.**

Se realizó el análisis del cumplimiento de los requisitos para la elaboración de planes de productos posconsumo, como lo indica la Resolución 693 del 2007 emanada del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Por medio de una lista de verificación se analizó el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta resolución para las 17 empresas que radicaron sus planes de productos posconsumo, realizando un censo que cubre el total de estas empresas, siguiendo los lineamientos estipulados por Méndez (2009) y Malhotra (2008).

En promedio, las empresas están cumpliendo con los requisitos normativos en un 86%, presentando falencias asociadas con:

- No se evidencia especificación de cantidades de otros residuos como plaguicidas en desuso y embalajes contaminados con plaguicidas (2,67% de las empresas).
- No tienen determinado el indicador del nivel de racionalización en las características de diseño, selección de materiales para los envases y empaques (2,32% de las empresas), el cual favorece la prevención en la generación de residuos o desechos peligrosos.

Al realizar la revisión del cumplimiento de los requisitos de la Resolución 693 del 2007, se pudo observar que tan solo 3 empresas cumplen con el 93,94% de dichos requisitos, 2 empresas cumplen con el 90,91%, 4 empresas cumplen con el 87,88%, 2 empresas cumplen con el 84,85%, 3 empresas cumplen con el 81,82%, 2 empresas cumplen con el 75,76% y sólo una empresa cumple con el 78,79% de los requisitos que exige la resolución.

En general, se evidencia que las empresas incumplen la normativa, ya que en promedio cumplen con el 86% de los requisitos obligatorios para la elaboración de dichos planes. En la tabla 1 se muestra un panorama sobre las consecuencias del porcentaje de cumplimiento antes mencionado.

**Tabla 1.** Matriz DAFO cumplimiento de requisitos.

<b>DEBILIDADES</b>	<b>FORTALEZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se tiene control sobre cantidades recogidas</li> <li>• No se tiene claro qué empresa recolectora hace la gestión de cada uno de los fabricantes</li> <li>• Falta recolección de otros residuos como plaguicidas en desuso y embalajes contaminados con plaguicidas</li> <li>• No se puede realizar una evaluación completa, sobre la eficiencia del plan de producto posconsumo, ya que no se presentan todos los indicadores que exige la resolución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de la norma en gran porcentaje</li> <li>• Se realiza un seguimiento de las cantidades puestas en el mercado frente a las cantidades recogidas</li> <li>• Se tiene la certeza de la procedencia de los plaguicidas</li> <li>• Seguimiento de la disposición final de los residuos.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar Logística Inversa en las empresas fabricantes y comercializadoras de plaguicidas</li> <li>• Promover la preservación del medio ambiente</li> <li>• Aprovechamiento de los residuos generados</li> <li>• Fortalecimiento de las empresas comercializadoras y recolectoras de plaguicidas en la región.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanciones a la empresa fabricante o importadora</li> <li>• Sanciones a la empresa encargada de la recolección de envases vacíos de plaguicidas.</li> <li>• Contaminación al medio ambiente</li> </ul>

De acuerdo con lo presentado en la Matriz DAFO, el efecto principal sobre el cumplimiento del 86% de la normativa vigente está relacionado con la amenazas por sanciones en que incurrirían aquellas empresas que no logran cumplir con la totalidad de los requisitos exigidos por la resolución.

Es así que autores como Gallo, Murino & Romano. (2010), Rogers & Tibben-Lembke (1999), Alvarez-Gil *et al.* (2007) y Ladeira *et al.* (2012) afirman que una de las principales razones que lleva a las empresas a practicar logística inversa, son las presiones legales y el cumplimiento de la normativa regida por el gobierno. Lo anteriormente expuesto confirma la necesidad de establecer procesos de logística inversa que propendan por el cumplimiento de la por parte de las empresas que fabrican y comercializan estos productos.

**Variables y recursos relevantes en la Unidad de Riego “Pantano de Vargas”**

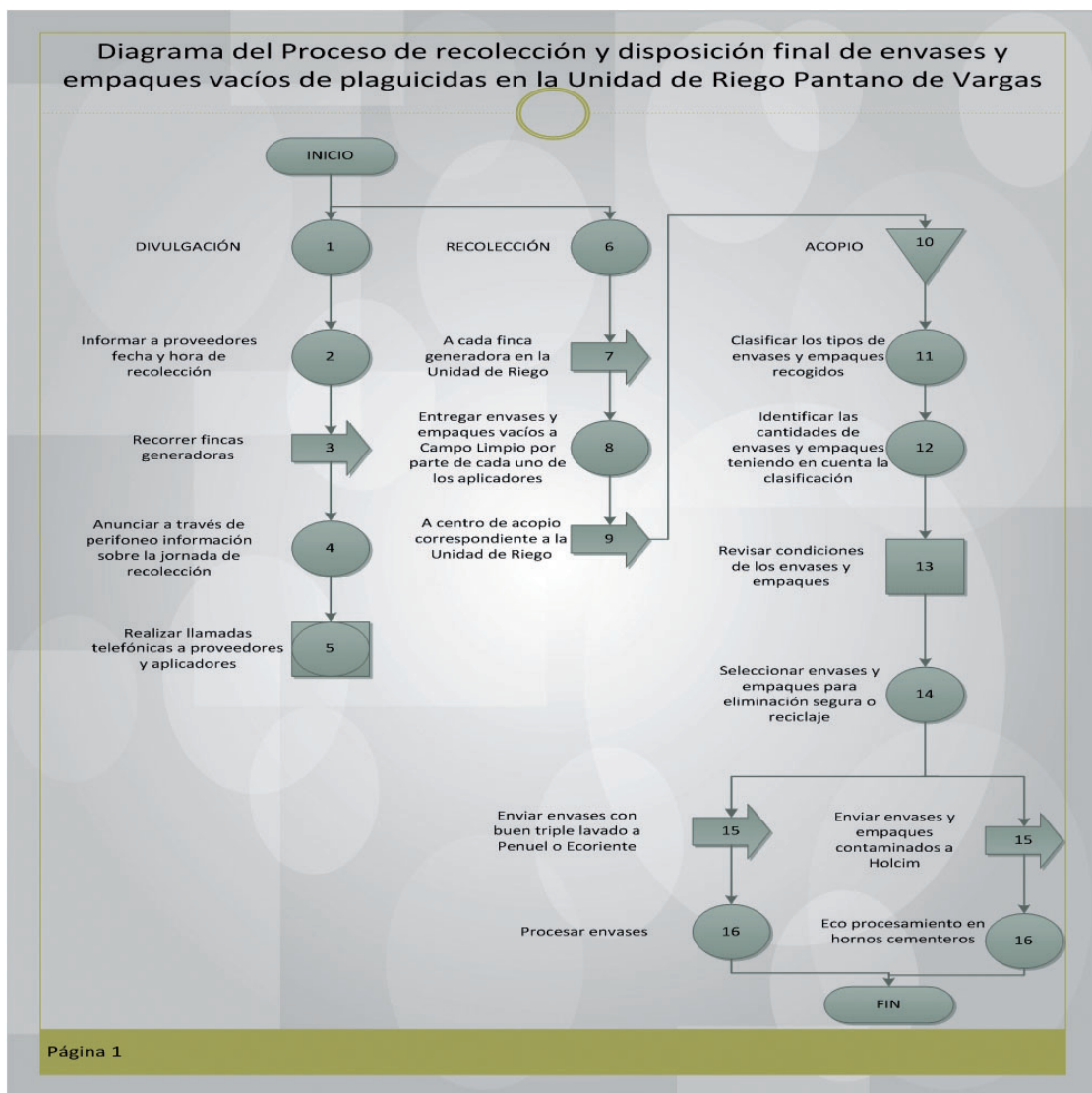
Según Resolución 693 (2007) en su artículo 7, los consumidores o usuarios de los plaguicidas tienen la obligación de devolver los residuos posconsumo de plaguicidas al mecanismo de devolución establecido. Asimismo, los fabricantes deben disponer del mecanismo necesario para la devolución de los envases o empaques vacíos por parte de los usuarios; este mecanismo es manejado en el departamento de Boyacá por la Corporación Campo Limpio, que se encarga del manejo responsable de envases y empaques vacíos de agroquímicos y promueve su adecuada recolección y disposición final.

Las variables y recursos más relevantes del proceso actual de recolección que se encontraron en la unidad de riego se describen con detalle a continuación:

- **Cantidades recogidas:** según datos de la corporación Fonseca (2012), se están recogiendo en promedio por cada jornada de recolección (cada dos meses y medio) 480 kg, que comprenden tapas y envases plásticos rígidos, además de empaques flexibles como bolsas aluminizadas de papel y plástico.
- **Tipo de envases y empaques de plaguicidas:** se están recolectando diferentes tipos de envases y empaques de plaguicidas, que tienen una clasificación según el material con el que están elaborados; estos pueden ser de material flexible como las bolsas laminadas, bolsas plásticas, lonas de fertilizantes o de material rígido como los envases plásticos y las cajas de cartón (Campo Limpio, 2012).
- **Recursos asignados:** dentro de los recursos asignados en el actual proceso de recolección se encuentra: el tipo de transporte (camión de dos ejes con una capacidad de 1140 kg); otro recurso que se asigna es el presupuesto necesario para cada una de las jornadas de recolección, el cual es financiado por las empresas afiliadas a la corporación Campo Limpio. Por último, se tiene que asignar el material para la divulgación de cada jornada de recolección.
- **Costos de la jornada:** según la Corporación Campo Limpio, en cada jornada se invierte en promedio US\$ 0,60 por cada kg recogido. De esta manera se tiene que en la última jornada el costo total fue de US\$291,53. Esta cifra incluye los costos de personal necesario en la recolección, transporte, divulgación, implementos de protección personal y viáticos.
- **Acopio:** los productores o agricultores mayoristas realizan minifundios con casetas para guardar de forma segura los residuos mientras se espera la recolección; en este caso, los recolectores de Campo Limpio se dirigen a este lugar por los envases y empaques vacíos. Los residuos que se obtienen en las fincas del municipio de Paipa se llevan a los centros de acopio que se encuentran en Tibasosa y allí se clasifican.
- **Frecuencia de recolección:** la Corporación Campo Limpio realiza las jornadas de recolección cada dos meses y medio, aunque se debe tener en cuenta que a la fecha de la última recolección la Corporación ha desarrollado cinco jornadas; por lo tanto, existe la posibilidad de que en los próximos años se generen seis jornadas de recolección, obteniendo una frecuencia promedio de cada dos meses.
- **Actores de participación:** los fabricantes son los productores o personas que transforman la materia prima en productos terminados para el posterior uso y satisfacción de una necesidad. Los comercializadores son los encargados de comprar mercancía a los fabricantes y vender o proveer los productos a los agricultores o usuarios para la utilización de los mismos. Los clientes o consumidores son las personas que adquieren voluntariamente los productos o plaguicidas que necesitan para cada uno de los cultivos. La empresa que contribuye con el buen manejo o manipulación de los envases y empaques vacíos de plaguicidas es la Corporación Campo Limpio, a través de la planeación y ejecución de jornadas de recolección.

### Diagrama y análisis del proceso de recolección actual

El proceso de recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas que se realiza actualmente en la unidad de riego Pantano de Vargas comprende tres fases, como lo muestra el diagrama de flujo de proceso (Figura 2). Con la observación realizada en las jornadas de recolección se pudo deducir que el proceso que se realiza actualmente es totalmente empírico y no se puede denominar logística inversa, ya que no tiene en cuenta actividades propias de ésta como devolución al proveedor y reutilización. Esto implica la generación de desperdicios de recursos como el tiempo del proceso y el costo del mismo, aumentando la contaminación al medio ambiente (Cardoso *et al.*, 2013). Además, no se posee una planificación y organización previa a la recolección de los residuos, confirmando la necesidad de diseñar un proceso de logística inversa para tal fin.



**Figura 2.** Diagrama del Proceso de Logística Inversa de envases y empaques vacíos de plaguicidas.

- **Fase divulgación:** en esta fase se informa a proveedores la fecha, el lugar de recolección y el tratamiento adecuado a los envases y empaques, con el fin de que los mismos comuniquen a sus compradores o clientes. Según las encuestas realizadas a los agricultores, se observa que la etapa de divulgación posee falencias relacionadas con: falta de información sobre las jornadas 46,15%, falta de capacitación 30,77% y falencias con los medios de comunicación 15,38%. Además, en la última jornada de divulgación solamente se realizó visita al 45,45% de los comercializadores de influencia en la zona de estudio, lo que impide que la información sobre las jornadas de recolección llegue a manos de los agricultores.
- **Fase de recolección:** en esta etapa se envía el transporte de carga asignado a los diferentes puntos de recolección establecidos por aplicadores, donde el generador hace entrega de envases y empaques vacíos de plaguicidas a la empresa involucrada en la recolección (Corporación Campo Limpio). En el trabajo de campo se evidenció que 2 de



cada 11 predios entregan sus envases clasificados y con el tratamiento adecuado, lo cual ocasiona en primera instancia dificultad en el proceso de clasificación y procesamiento de los envases y, además, se incumple con el artículo 7 de la Resolución 693 (2007). Además, cabe resaltar que en esta fase no sólo se entregan residuos de plaguicidas, sino también otra clase de desechos como ropa y orgánicos.

Luego de obtener los residuos se llevan al centro de acopio ubicado en el municipio de Tibasosa. El centro de acopio posee una capacidad máxima de 25000 kg; es un lugar acondicionado de manera segura contra incendio y/o recolección de personal no autorizado, conformado de instalaciones sanitarias y una señalización clara y adecuada. Se encuentra apartado de viviendas o sitios en los cuales se procesen alimentos.

- **Fase de acopio:** en esta fase se clasifican los tipos de envases y empaques recogidos (bolsas laminadas o plásticas, lonas de fertilizantes, envases plásticos y cartón). Luego de clasificarlos correctamente se identifican las cantidades recolectadas de cada tipo, inspeccionando las condiciones y de esta forma seleccionar los residuos para eliminación segura o reciclaje. Al realizar la inspección de las condiciones, se evidencia que algunos envases con posibilidades de tratamiento para reciclaje son contaminados por otros tipos de desecho descritos en la etapa de recolección, lo cual genera una pérdida económica y ambiental importante en el proceso. Los envases y empaques clasificados para eliminación segura se envían a la planta de Ecoprocesamiento, ubicada en las instalaciones de la cementera Holcim (Nobsa, Boyacá). Los envases y empaques para reciclaje se someten a triple lavado y se envían a la planta de Penuel o Ecoriente, donde se procesan y transforman en nuevos productos con el fin de utilizarlos en beneficio de la comunidad.

De otra parte, en el desarrollo de cada una de las fases se puede evidenciar que existe poca participación en cuanto a las autoridades ambientales, debido a que se incumple con lo estipulado en el artículo 24 del Decreto 4741 (2005). También se evidenció escaso apoyo por parte de los municipios involucrados para los programas de gestión de desechos peligrosos, de acuerdo con lo exigido en el artículo 25 del Decreto 4741 (2005).

## PROCESO DE LOGÍSTICA INVERSA

Siguiendo los lineamientos de la gestión por procesos y la norma internacional NTC-ISO 9001:2008, se propone el proceso de logística inversa de envases y empaques vacíos de plaguicidas para la unidad de riego Pantano de Vargas. La propuesta está encaminada a que este proceso se incluya dentro del Sistema de Gestión de la Calidad de la empresa responsable de recolectar los desechos de plaguicidas, en este caso la Corporación Campo Limpio. La esquematización del proceso de logística inversa se realiza mediante un diagrama denominado caracterización de proceso (Figura 3), el cual permite identificar nombre, código, tipo, responsable, objetivo, proveedores, clientes, entradas y salidas del proceso, así como la descripción del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) del proceso de logística inversa.

También se describen tanto los recursos físicos, humanos y financieros, como los requisitos legales y específicos para el funcionamiento del proceso. Se determinan los indicadores que miden la eficacia del proceso de logística inversa.

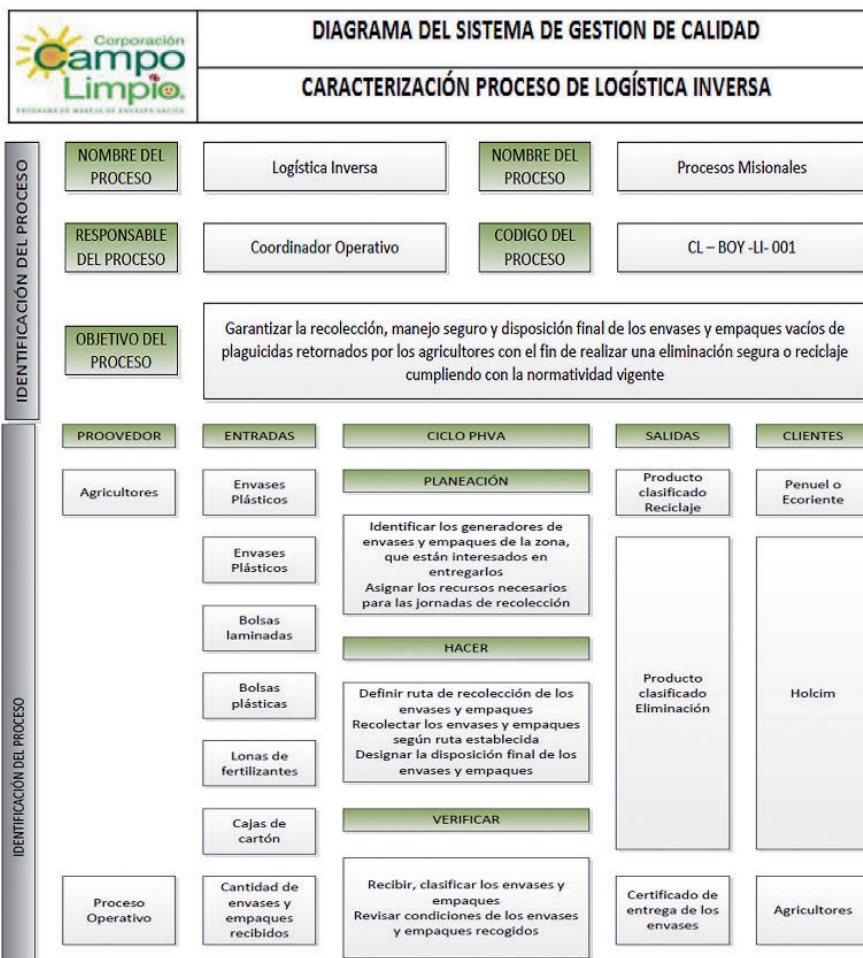
Este diseño del proceso de logística inversa, basado en el enfoque de procesos al implementarse por parte de la entidad responsable de la recolección de los desechos de plaguicidas, permitirá

definir claramente los alcances, responsables, actores y las actividades necesarias para cumplir con los requisitos legales establecidos en el Decreto 4741 (2005) y la Resolución 693 (2007). Ello atacaría directamente las amenazas detectadas en la Matriz DAFO y traería beneficios según lo planteado por Adlmaier y Sellito (2007), quienes demuestran que aplicar procesos de logística inversa trae beneficios financieros, reducción de impactos ambientales y beneficios logísticos.

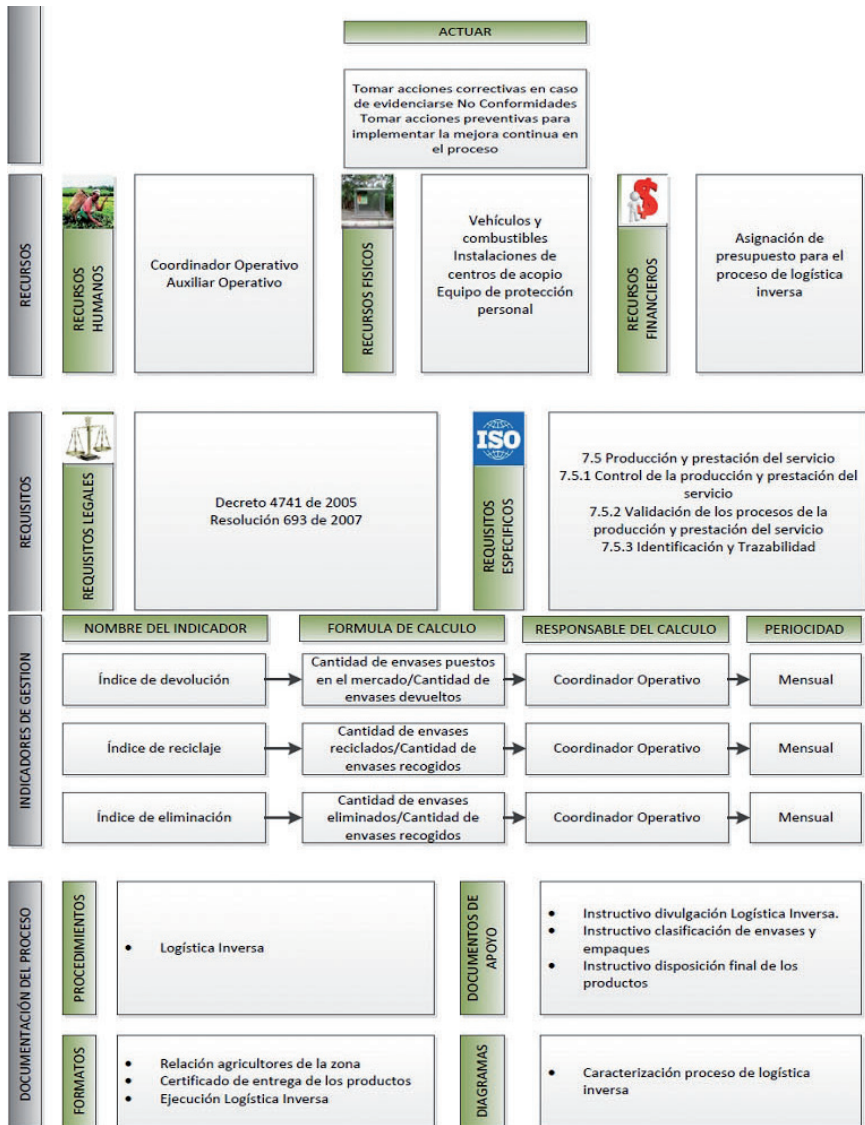
De acuerdo con lo anterior, algunos de los beneficios que traería la implementación del proceso de logística inversa serían:

**Para la empresa recolectora:** Estandarización del proceso de recolección y disposición final en todas las áreas que se realiza, mayor control sobre las cantidades recogidas, reducción del tiempo de ejecución del proceso de recolección y disposición final, logro de una trazabilidad de los envases y empaques de los plaguicidas, mayor precisión de las jornadas de recolección debido a una planificación realizada anteriormente, creación de conciencia en los agricultores para la clasificación de los residuos y facilidad de asignación de la disposición final de cada uno de los envases.

**Para los agricultores:** Beneficio social en el reciclaje de los envases, genera cultura ciudadana sobre la importancia del tratamiento de los envases y empaques de plaguicidas, crea conciencia sobre el impacto de estos residuos tanto en el ser humano como en el medio ambiente, mayor participación e incentivos en el proceso y mitigar la generación de enfermedades.



(a)



(b)

Figura 3. Caracterización Proceso de Logística Inversa.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con el diagnóstico realizado al proceso actual de recolección y disposición final de los envases y empaques vacíos de plaguicidas que se realiza en la unidad de riego Pantano de Vargas, 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.

Asimismo, el proceso también presenta varias falencias en sus distintas fases. En la fase de divulgación se evidencia que no se está anunciando a la totalidad de los comercializadores influyentes en la zona objeto de estudio y además, según los agricultores, falta mayor información y capacitación sobre las jornadas de recolección. Los agricultores sugieren mejorar los medios de comunicación para la divulgación. En la etapa de recolección se observa que la mayor parte de los agricultores no entrega sus residuos clasificados, incurriendo en el incumplimiento de la normativa vigente, por lo cual se deberían realizar capacitaciones y mayor supervisión sobre el manejo de residuos peligrosos.

Por otra parte, y teniendo en cuenta la situación actual de la recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas en la zona bajo estudio, se requiere en primera instancia una mayor participación y/o control por parte del Estado o los diferentes estamentos en el tema concerniente al cumplimiento de la normativa con los actores participantes, dado que es evidente el incumplimiento en varios artículos del Decreto 4741 de 2005 y la Resolución 963 de 2007.

En consecuencia, las empresas fabricantes de plaguicidas incluidas en la investigación cumplen en promedio con un 86% del total de los requisitos para la elaboración de los planes de productos posconsumo según lo establecido por la Resolución 693 (2007), lo cual indica que se deben establecer mejoras en el proceso actual. Asimismo, se debe especificar claramente el índice de racionalización en las características de diseño, selección de materiales para los envases y empaques de los plaguicidas y, al no tenerlo definido, no se previene la generación de residuos o desechos peligrosos.

Como alternativa de mejora se planteó el proceso de Logística Inversa para la unidad de riego Pantano de Vargas, el cual puede ser implementado por la Corporación Campo Limpio con el objetivo de garantizar la recolección, manejo seguro y disposición final de los envases y empaques vacíos de plaguicidas retornados por los agricultores. El proceso propuesto puede ser parte del Sistema de Gestión de la Calidad de la empresa, de tal manera que logre ser eficaz y satisfaga las necesidades de los clientes.

Finalmente, se sugiere en estudios posteriores diseñar estrategias en las cuales se concientice al cliente de plaguicidas a devolver el envase o empaque en condiciones adecuadas para su disposición final, así como mejorar el proceso de recolección actual apoyados en técnicas de investigación de operaciones.

## REFERENCIAS

ADLMAIER, Diogo., and SELLITTO, 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.

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.

CARDOSO, Sónia R., et al. Design and planning of supply chains with integration of reverse logistics activities under demand uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 2012, vol. 226, no. 3, p. 436 – 451.

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.

DAUGHERTY, Patricia, *et al.* Reverse logistics: the impact of timing and resources. *Journal of Business Logistics*, 2004, vol. 25, no.2, pp. 229-250.

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

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.

FONSECA, Néstor. Jornada de Recolección Octubre 26. Corporación Campo Limpio. 2012.

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, pp. 378-384.

GARCÍA, Arnulfo Arturo. *Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de Logística Inversa: Estudio de caso en la industria del reciclaje de plásticos*. México D.F., México: eumed. 2002. 163p.

GENCHEV, Stefan E. Reverse logistics program design: a company study. *Business Horizons*, 2009, vol. 52, no 2, p. 139-148.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NTC-ISO 9001:2008 Sistema de gestión de la calidad-requisitos. ISO 9001:2008. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Orientación sobre el concepto y uso del "enfoque basado en procesos" para los sistemas de gestión. Ginebra., Suiza: ISO. 2008.

KINNEAR, Thomas C., *et al.* *Investigación de mercados: un enfoque aplicado*. 5ª ed. Bogotá: McGraw-Hill, 1998.

LADEIRA, Wagner Junior., *et al.* Logística reversa de defensivos agrícolas: fatores que influenciam na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 2012, vol. 50, no 1, p. 157-174.

MALHOTRA, Naresh K., *et al.* *Investigación de mercados*. 5ª ed. México: Pearson Educación, 2008. 816 p.

MÉNDEZ, Carlos Eduardo. *Metodología: diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales*. 4ª ed. México: Limusa, 2009, 360 p.

OLORUNNIWO, Festus O., and LI, Xiaoming. Information sharing and collaboration practices in reverse logistics. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2010, vol. 15, no 6, p. 454-462.

POKHAREL, Shaligram., and MUTHA, Akshay. Perspectives in reverse logistics: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 2009, vol. 53, no 4, pp. 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, pp.1011-1029.

Resolución 693/2007. Por la cual se establecen criterios y requisitos que deben ser considerados para los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Plaguicidas. Diario Oficial de la República de Colombia, 24 de Abril de 2007, no. 46.609, 7 p.

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

SAGHIR, Mazen. *Packaging Logistics Evaluation in the Swedish retail supply Chain*. Lund University. 2002. 124 p.

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.

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, pp. 33-62.

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

## 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.

### **ANA MERCEDEZ FRAILE BENITEZ**

Ingeniera Industrial de la Universidad Libre de Colombia, Magíster en Dirección de Administración de Empresas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Especialista en Gerencia de Proyectos de la Universidad de Boyacá; Diplomada en Docencia Universitaria e Investigación – Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Certificada como Auditor interno de Calidad (Alta Tecnología - Universidad del Valle ISO 9001:2004) Actualización ISO 9001:2008 y Curso Gerencia de Sistemas de Gestión de la Calidad para el Sector Público NTC GP 1000 con Acción Social. Actualmente se desempeña como Docente en el programa de Ingeniería Industrial en la Universidad de Boyacá. Tunja – Boyacá – Colombia.

### **JULIÁN DAVID SILVA RODRÍGUEZ**

Ingeniero Industrial de la Universidad de Boyacá. 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.