

**DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS
PARA LA EMPRESA SERCOLPACK LTDA. DE ACUERDO CON LOS
REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL DECRETO 4741 DE 2005 DEL MAVDT**

JULY NATALIA GONZÁLEZ LÓPEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2008**

**DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS
PARA LA EMPRESA SERCOLPACK LTDA. DE ACUERDO CON LOS
REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL DECRETO 4741 DE 2005 DEL MAVDT**

JULY NATALIA GONZÁLEZ LÓPEZ

**Proyecto de grado para optar el título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**DIRECTOR
ING. RICHARD DÍAZ GUERRERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2008**

AGRADECIMIENTOS

Desde mi pregrado cuando escogí la línea de profundización en Ingeniería Ambiental y descubrí que la Ingeniería Química puede ir más allá supe que me gustaría desempeñarme en esta rama y contribuir con mi conocimiento en la mejora ambiental de la industria.

Es así como agradezco profundamente la oportunidad de desempeñarme en la gestión de residuos en particular los peligrosos.

Y en este camino que me encuentro recorriendo el sobrepasar las dificultades de todos los días no sería sencillo sin la compañía de mi familia.

Finalmente, agradezco profundamente a Mauricio por ser mi compañía incondicional y además quererme al mismo tiempo

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1 Evolución histórica de los plaguicidas	5
1.2 Definición de plaguicidas y clasificación	8
1.2.1 Clasificación por toxicidad	9
1.2.2 Clasificación por vida media	10
1.2.3 Estructura química	10
1.2.4 Por su uso	12
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	26
2.1 Descripción del proceso productivo	28
2.2 Marco normativo aplicable	34
2.3 Diagnóstico ambiental inicial	35
3. PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS	38
3.1 COMPONENTE I. Prevención y minimización	38
3.1.1 Objetivos y metas	38
3.1.2 Identificación de fuentes de generación de residuos	38
3.1.3 Clasificación e identificación de características de peligrosidad	40
3.1.4 Cuantificación de la generación	41
3.1.5 Alternativas de prevención y minimización	47
3.2 COMPONENTE II. Manejo interno ambientalmente seguro	48
3.2.1 Objetivos y metas	48
3.2.2 Manejo interno de RESPEL	48
3.2.3 Medidas de contingencia	51
3.2.4 Medidas de entrega al transportador	54
3.3 COMPONENTE III. Manejo externo ambientalmente adecuado	55
3.3.1 Objetivos y metas	55

3.3.2	Identificación y descripción de los procedimientos de manejo externo de los residuos fuera de la instalación generadora.	55
3.4	COMPONENTE IV. Ejecución, seguimiento y evaluación	57
3.4.1	Personal responsable de la coordinación y operación	57
3.4.2	Capacitación	57
3.4.3	Seguimiento y evaluación	58
3.4.4	Cronograma de actividades	59
4.	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	3-61
5.	RECOMENDACIONES	62
6.	ANEXOS	63
	BIBLIOGRAFÍA	64

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1	Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad expresada en DL ₅₀ (mg/Kg).....	19
Tabla 1.2	Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad.....	20
Tabla 1.3	Clasificación de los plaguicidas por su familia química.....	20
Tabla 1.4	Solubilidad de algunos plaguicidas.....	26
Tabla 1.5	Vida media (t _{1/2} , en días) de algunos plaguicidas.....	29
Tabla 1.6	Existencia de plaguicidas COP almacenados en Colombia.....	34
Tabla 1.7	Cantidad estimada de suelo contaminado con plaguicidas COP.....	34
Tabla 2.1	Puntos de generación de residuos.....	46
Tabla 3.1	Clasificación de residuos.....	50
Tabla 3.2	Cuantificación de residuos peligrosos en proceso de maquila.....	51
Tabla 3.3	Cuantificación de residuos peligrosos en proceso de acondicionamiento.....	53
Tabla 3.4	Cuantificación de residuos peligrosos generados en planta.....	55
Tabla 3.5	Residuos peligrosos generados por clientes de Sercolpack.....	55
Tabla 3.6	Cuantificación de residuos peligrosos generados en administrativa.....	56
Tabla 3.7	Cálculo de la media móvil para el año 2007.....	57
Tabla 3.8	Alternativas de prevención y minimización.....	57
Tabla 3.9	Recursos asignados para contención de emergencias.....	63
Tabla 3.10	Instituciones de apoyo externo.....	64
Tabla 3.11	Gestión externa de residuos peligrosos.....	66
Tabla 3.12	Programa capacitaciones gestión integral respel.....	67
Tabla 3.13	Indicadores de evaluación.....	68
Tabla 3.14	Cronograma de ejecución.....	71

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1	Esquema de los principales procesos que afectan a los Plaguicidas.....	15
Figura 1.2	Influencia del pH en la adsorción de un plaguicida (glifosato).....	17
Figura 1.3	Movilidad de la <i>atrazina</i> en función de la materia orgánica.....	21
Figura 2.1	Ubicación de la empresa.....	26
Figura 2.2	Diagrama de flujo actividad de empaque de agroquímicos.....	31
Figura 2.3	Diagrama de flujo actividad de acondicionamiento.....	33
Figura 3.1	Ecomapa de recursos 1 piso.....	39
Figura 3.2	Ecomapa de recursos 2 piso.....	39
Figura 3.3	Ecomapa de recursos 3 piso.....	40
Figura 3.4	Embalaje y rotulado de residuos.....	49
Figura 3.5	Recolección de residuos peligrosos generados en planta.....	50
Figura 3.6	Cuarto de almacenamiento de residuos.....	50
Figura 3.7	Organización de la brigada de emergencia.....	52

TITULO: DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA SERCOLPACK LTDA. DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL DECRETO 4741 DE 2005 DEL MAVDT.*

Autor: GONZÁLEZ LÓPEZ, July Natalia**

Palabras claves: Residuos peligrosos, plan de gestión, plaguicidas.

El país se encuentra en una época de crecimiento en materia de políticas ambientales las cuales están enfocadas en el desarrollo de estrategias para mejorar el saneamiento básico, cambio climático y gestión de residuos tal como se demuestra en el EPI 2008, informe que cataloga a Colombia como el noveno país en gestión ambiental y como se reconoce a nivel nacional en El Tiempo.

El sector de los agroquímicos es reconocido como uno de los más problemáticos ya que el incorrecto manejo de sus residuos causa impactos de carácter irreversible tanto en medio biótico como abiótico, además de estar asociados con la generación de los llamados COP's (Compuestos Orgánicos Persistentes).

Sercolpack Ltda. es una empresa cuya actividad principal es la maquila o servicio de empaque de plaguicidas y fertilizantes que se presta a empresas importadoras, quienes suministran, mediante transporte proporcionado por ellos, el producto y los materiales de empaque según especificaciones de presentación, peso, cantidad y rendimiento.

Dentro de las etapas de producción, se efectúan actividades de control de calidad para verificar, entre otros, limpieza, hermeticidad de bolsas, peso neto y rendimiento de la producción.

Así mismo se identifican como residuos peligrosos generados:

- los materiales de empaque del producto a granel impregnados de agroquímicos
- los elementos de limpieza de las instalaciones
- el material depositado en filtro y el ciclón del sistema de extracción

Es por esto que el interés de la empresa Sercolpack Ltda. en mejorar su desempeño ambiental y en dar cumplimiento de la normativa vigente da lugar a esta monografía: "Diseño de un plan de gestión integral de residuos peligrosos para la empresa Sercolpack Ltda. de acuerdo con los lineamientos establecidos por el MAVDT y el Decreto 4741 de 2005".

* Trabajo de grado

** Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Ing. Richard Díaz

TITLE: DESIGN OF A MANAGEMENT PLAN OF HAZARDOUS WASTE FOR THE COMPANY SERCOLPACK LTDA. TO THE REQUIREMENTS OF THE DECREE 4741 OF 2005 MAVDT.*

Author: GONZÁLEZ LÓPEZ, July Natalia**

Keys words: Harzadous waste, Management plan, pesticides.

It is in a time of growth on environmental policies which are focused on developing strategies to improve basic sanitation, climate change and waste management as demonstrated in the EPI 2008 report that catalogs to Colombia as the ninth country in environmental management and as recognized at the national level in El Tiempo.

The sector of agrochemicals is recognized as one of the most problematic because the incorrect handling of their waste cause irreversible impacts on biota as abiotic, as well as being associated with the generation of so-called COP's (Persistent Organic Pollutants).

Sercolpack Ltda. is a company whose core business is the export processing or service pack of pesticides and fertilizers that lends itself to importing companies, who supplied by transport provided by them, the product and packaging specifications for submission, weight, quantity and performance.

Within the stages of production, are engaged in quality control to verify, among others, cleaning, sealing bag, net weight and production performance.

Also identified as hazardous waste generated:

- Packing materials of the product in bulk impregnated with chemicals
- The cleanliness of the facilities
- Material deposited in the cyclone and filter system for extracting

This is why the interest of the company Sercolpack Ltda. in improving their environmental performance and compliance of existing legislation gives rise to this paper: "Designing a plan for management of hazardous waste for the company Sercolpack Ltda. in accordance with the guidelines established by the Decreto 4741 of 2005.of MAVDT"

* Thesis

** Chemical Enginner School. Enviromental Enginner Especialist. Director Ing.Richard Díaz

INTRODUCCIÓN

El país se encuentra en una época de crecimiento en materia de políticas ambientales las cuales están enfocadas en el desarrollo de estrategias para mejorar el saneamiento básico, cambio climático y gestión de residuos tal como se demuestra en el EPI 2008, informe que cataloga a Colombia como el noveno país en gestión ambiental y como se reconoce a nivel nacional en El Tiempo¹.

La cadena productiva de agroquímicos comprende cuatro actividades: la producción de productos intermedios para fertilizantes, la de abonos y fertilizantes, la elaboración de plaguicidas, y de herbicidas y reguladores biológicos.

Este perfil presenta en forma breve la caracterización de la estructura productiva, la estructura de la protección nominal y efectiva y las oportunidades que esta cadena tiene en el mercado de los Estados Unidos.

La estructura empresarial de la industria de agroquímicos en Colombia está compuesta por empresas de propiedad nacional y empresas filiales de compañías multinacionales, caracterizándose, en los últimos años, por la fusión de varias empresas que tienen operaciones en el país. En esta cadena productiva se destaca la participación de tres grandes empresas en el mercado: Ciba Geigy Col. S.A., Dupont de Col. S.A. y Dowelanco de Colombia.

En la línea productiva de abonos, cinco compañías dominan el mercado con una producción de un poco más de 1 millón de toneladas al año. La oferta productiva y la distribución de abonos en el país no dependen exclusivamente de la existencia de plantas con capacidad de manufactura, sino que está asociada a las acciones de un conjunto de gremios vinculados al sector agrícola, a través de la importación o mezcla de fertilizantes y su posterior distribución entre sus afiliados.

Para ciertos sectores agrícolas como arroz y café, la provisión de abonos por parte de las agremiaciones respectivas ha sido tradicionalmente esencial para su adecuado desarrollo. La elaboración de abonos y fertilizantes en el país depende de materias primas importadas. Algunos productos como el nitrógeno, uno de los elementos principales para la producción de abonos, son producidos en el mercado local, pero no cubren la totalidad de la demanda. Empresas como Amocar y Ferticol son las principales proveedoras de dicho nutriente para la industria nacional.

La industria colombiana de plaguicidas y herbicidas se instaló con una amplia participación de capital extranjero. En la actualidad su estructura productiva está

¹ El Tiempo. 24 de Enero de 2008.

dominada por un gran número de filiales de compañías multinacionales como Rhom and Hass y Dupon. La combinación de empresas multinacionales con nacionales en el mercado, ha sido el resultado de condiciones de producción y comercialización diferenciadas.

El valor agregado nacional en esta industria es relativamente bajo, debido a que un pequeño número de empresas se dedica a procesos de síntesis como Proficol el Carmen. La gran mayoría de los establecimientos combinan procesos de transformación simples (formulación) con la actividad de comercialización.

Generalmente los productos de las empresas filiales de compañías multinacionales son de marcas de alto reconocimiento a nivel internacional. La industria de agroquímicos presenta una alta dependencia de la evolución de la actividad agrícola, especialmente de la agroindustria y el sector cafetero.

Por lo tanto, su demanda se ve afectada por elementos diversos como el factor climático, el comportamiento de los mercados internacionales (café, flores y banano) y las políticas de promoción de cultivos. En 2003, la cadena productiva de agroquímicos participó con 1,5% del empleo total industrial y 3,5% de la producción bruta total de la industrial.

Así mismo, el sector de los agroquímicos es reconocido como un de los más problemáticos en su gestión ambiental ya que el mal manejo de sus residuos causa impactos de carácter irreversible tanto en medio biótico como abiótico, además de estar asociados con la generación de los llamados COP's (Compuestos Orgánicos Persistentes).

En el marco de la importancia de un adecuado manejo de residuos generados del sector de los plaguicidas, Sercolpack Ltda. es una empresa cuya actividad principal es la maquila o servicio de empaque de plaguicidas y fertilizantes que se presta a empresas importadoras, quienes suministran, mediante transporte proporcionado por ellos, el producto y los materiales de empaque según especificaciones de presentación, peso, cantidad y rendimiento.

Sercolpack realiza su proceso productivo a través de dos líneas de producción: empaque manual y empaque semiautomático.

Básicamente, el proceso consiste en un cambio de presentación de los productos agroquímicos de un material a granel en bultos de 25 o 40 kilos, a un empaque final en bolsas plásticas embaladas en cajas de cartón corrugado, según las especificaciones de calidad entregadas por los clientes.

Dentro de las etapas de producción, se efectúan actividades de control de calidad para verificar, entre otros, limpieza, hermeticidad de bolsas, peso neto y rendimiento de la producción.

Así mismo se identifican como residuos peligrosos generados:

- los materiales de empaque del producto a granel impregnados de agroquímicos
- los elementos de limpieza de las instalaciones
- el material depositado en filtro y el ciclón del sistema de extracción
- los desechos de las labores de recolección de derrames

Es por esto que el interés de la empresa Sercolpack Ltda. en mejorar su desempeño ambiental y en dar cumplimiento de la normativa vigente da lugar a esta monografía: "Diseño de un plan de gestión integral de residuos peligrosos para la empresa Sercolpack Ltda. de acuerdo con los lineamientos establecidos por el MAVDT y el Decreto 4741 de 2005".

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar el diseño del plan de gestión integral de residuos peligrosos en la empresa Sercolpack Ltda. de acuerdo con los requisitos establecidos en el Decreto 4741 de 2005 del MAVDT.

Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de los residuos peligrosos generados en la empresa.
- Definir alternativas de gestión de los residuos generados.
- Proponer un diseño de plan de gestión de residuos peligrosos teniendo en cuenta los lineamientos dados por el MAVDT.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Evolución histórica de los plaguicidas

Hace unos 10.000 años nuestros antepasados, que subsistían a partir de la caza, la pesca y la recolección de frutos silvestres, comenzaron a domesticar animales y a cultivar algunos cereales, iniciaban los principios de la agricultura. Con el tiempo se amplió el número de especies cultivadas, se seleccionaron variedades adaptadas a las condiciones locales y a los usos y costumbres de la zona, se mejoraron las técnicas de cultivo y se desarrollaron herramientas y productos.

Fue una evolución lenta pero constante, basada en la experiencia y en los errores, en la que las características ecológicas y culturales de cada lugar eran fundamentales y había una estrecha relación entre las ciudades y el campo. Es a mediados del siglo XIX cuando, al establecerse las bases de la química agraria, se abre el paso a la utilización de los abonos químicos, primero con la comercialización a nivel mundial del 'guano' del Perú y del Nitrato de Chile y después con los abonos de síntesis que llevaron al abandono de la fertilización orgánica para centrarse en el aporte de unos pocos elementos minerales.

A los abonos se suma pronto el motor de explosión que facilitan la mecanización y, con ella, la intensificación y un exceso de especialización que conducen a la generalización de los monocultivos.

A mediados de la década de 1940, se populariza el DDT y se da inicio a la creación de fitosanitarios de síntesis, seguida después con la amplia gama de insecticidas, herbicidas, fungicidas y demás biocidas, puestos hoy a disposición de la agricultura.

En los años 40 y 50 la agricultura tradicional, que venía realizándose en muchas zonas sin grandes cambios tecnológicos, sufre una crisis debido a las guerras y a una baja de precios de los productos agrícolas.

Los salarios de la industria aumentaron y se produjo un éxodo de trabajadores del campo a las ciudades; en la agricultura permanecen aquellos que reducen los costes y la mano de obra a través de la mecanización y los agroquímicos.

Posteriormente se generaliza la creación de nuevas variedades, desarrolladas en unos pocos centros de investigación en todo el mundo, son variedades de alta producción pero dependientes del aporte de grandes cantidades de insumos externos (abonos y plaguicidas, entre otros) y totalmente desligadas de las condiciones, tanto ecológicas como culturales, de la zona de cultivo.

La llamada "Revolución Verde" se llevó por delante una gran variedad de modelos de producción agraria adaptados a cada zona para generalizar un único modelo en todo el mundo que conlleva una serie de nuevos problemas. Los grandes cambios que se han dado en los últimos 50 años no han tenido en cuenta hasta donde podrían llegar sus repercusiones.

Se ha llegado a un importante aumento de la producción agraria que, muy alejada de acabar con el hambre en el mundo, lleva ahora aparejadas toda una serie de problemas de carácter ambiental, sanitario, técnico y social.

La creciente industria de los químicos para el campo no podía parar. Se desarrollaron a continuación biocidas de segunda generación, los organofosforados. Se creía que debido a que estos se degradan en pocos días el problema estaba solucionado. Sin embargo, no tuvieron en cuenta que estos pesticidas se transforman en productos de degradación, de cuyos efectos hay un total desconocimiento.

Aquellos sectores de la sociedad científica, que no se hallaban bajo presiones económicas encontraron ciertos efectos por la aplicación de los organofosforados. Los abonos químicos industriales como el nitrógeno, sodio y potasio, desequilibran el suelo desde el punto de vista mineral, ionizándolo de una manera exagerada. Estos iones penetran por ósmosis, dada su alta solubilidad; la planta los absorbe en mayor proporción de la que necesita y se desequilibra, entregando unos alimentos que no nutren, disminuye las defensas del organismo, y favorece la aparición de enfermedades graves, al no haber un suministro normal de oligoelementos.

Aparecen entonces, algunos visos de la agricultura orgánica, como una técnica que puede asegurar a las plantas, y por consiguiente al hombre, un suministro normal de los oligoelementos necesarios, basada en la fertilización limpia, en la lucha indirecta y no violenta contra los parásitos y en colaboración permanente con la naturaleza.

Se genera entonces una discusión sobre temas que tocan directamente al ambiente, como el uso de abonos verdes, lombricompostos, compost, rotaciones, uso de cultivos alternados o plantas compañeras y en general la disminución de actividades que generen desequilibrios en el lote. Sin embargo, pese a la importancia económica y ambiental, un informe del año 1987 de la Organización Mundial de la Salud descalificaba irónicamente estas prácticas considerándola una "fobia química", un "entusiasmo sentimental por los viejos tiempos". A continuación el informe realiza una revista "necrológica" acerca de la temprana edad a la que fallecieron sus principales precursores.

En su momento se pensaba que los cambios hacia enfoques químicos garantizarían la producción de alimentos sin ningún tipo de efecto secundario. Sin

embargo poco después se empezaron a detectar los problemas y efectos no deseados, originando movimientos que buscaron otros modelos de producción, los cuales hoy se encuentran agrupados en todas las tendencias de agricultura sostenible.

A través de la agricultura orgánica se generan productos agropecuarios sin la utilización de insumos de síntesis química artificial (plaguicidas, fungicidas, hormonas, fertilizantes, semillas modificadas genéticamente), buscando optimizar a la vez las distintas funciones de un sistema natural (dinámica de poblaciones, cadenas tróficas, reciclaje de nutrientes y energía, productividad) para ofrecer productos de mayor calidad relacionados con la salud de los consumidores, productores y con la protección del ambiente biofísico.

Para lograr lo anterior, la agricultura orgánica recurre a técnicas de producción que se utilizan, en lo posible, de manera simultánea e integrada en el tiempo y el espacio, atendiendo a las necesidades particulares de cada finca para evitar caer en la formulación de "paquetes tecnológicos".

Entre tales técnicas se destacan los controles biológicos a partir, no tanto de la introducción de predadores específicos, sino del manejo mismo del agroecosistema; el uso de extractos vegetales abonos orgánicos (especialmente estiércoles y residuos vegetales procesados), minerales primarios, rotación y asociación de cultivos, alelopatía (efecto de vecindad entre las mismas plantas) y preparados de microorganismos, entre otros.

En los últimos años se ha prestado especial atención a los procesos de contaminación de aguas subterráneas ligados a la utilización de fertilizantes, particularmente los nitratos, en las prácticas agrícolas. Se tiene exhaustiva información relativa a su presencia en los acuíferos pero existen lagunas de conocimiento sobre los mecanismos de migración e interacción en el medio no saturado.

Esta carencia es más patente en el caso de los plaguicidas, sustancias químicamente más complejas, implicadas en procesos de transformación y degradación mal conocidos. Sin duda, la escasez de conocimientos sobre contenidos de plaguicidas en aguas es debida a la extraordinaria dificultad para la identificación y cuantificación de estos compuestos y de los productos de degradación originados a lo largo de su tránsito por la zona no saturada.

La elevada toxicidad de la mayoría de los plaguicidas y de algunos de sus metabolitos ha conllevado al estudio de esta problemática que puede tener graves efectos sobre los seres vivos. De hecho, los organismos e instituciones responsables de la conservación del medio ambiente y la salud pública asumen el control de plaguicidas en aguas como línea preferente.

Las dos características más importantes que controlan la migración de plaguicidas en aguas y suelos son su movilidad y persistencia. Los plaguicidas deben ser suficientemente móviles como para alcanzar su objetivo y suficientemente persistentes como para eliminar el organismo específicamente atacado.

Estas dos cualidades no son deseables desde un punto de vista ambiental. Por ejemplo, el DDT tenía muy baja movilidad pero alta persistencia. De ahí que no afectase a las aguas subterráneas pero que tuviera alto potencial para alcanzar la cadena alimentaria a través de la atmósfera o por migración en aguas superficiales.

1.2 Definición de plaguicidas y clasificación

El Código Internacional de Conducta sobre la distribución y uso de plaguicidas de la *Food and Agriculture Organization (FAO) de las Naciones Unidas*, establece que un plaguicida *“es la sustancia o mezcla de ellas, destinada a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedad humana o animal; las especies no deseadas de plantas o animales que ocasionan un daño duradero u otras que interfieren con la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos; los artículos agrícolas de consumo, la madera y sus productos, el forraje para animales o los productos que pueden administrárseles para el control de insectos, arácnidos u otras plagas corporales”*. Por tanto, la finalidad de los plaguicidas es destruir ciertos organismos vivos, constituyéndose así como un grupo particular de los biocidas que puede alcanzar una capacidad letal amplia.

El Manual de Plaguicidas del año 2000 (The Pesticide Manual T. Tomlin, 12th edition, British Crop Protection Council, 49 Downing St., Farnham, Surrey GU9 7PH, U.K., www.bcpc.org) describe 812 plaguicidas. Actualmente existen 890 químicos sintéticos aprobados como plaguicidas alrededor del mundo y el número de productos comercializados se estima en 20700.

En la formulación de los plaguicidas se asocian excipientes o diluyentes denominados ingredientes inertes que constituyen una gran proporción del producto y cuyos efectos nocivos superan frecuentemente los del propio ingrediente activo; tal es el caso del tetracloruro de carbono y el cloroformo, considerados potentes hepatotóxicos y neurotóxicos. Los plaguicidas comercializados también contienen “impurezas”, que son elementos químicos altamente tóxicos como las dioxinas de algunos herbicidas del tipo clorofenoxi, la etilentiourea en fungicidas del tipo etilenbisditiocarbamatos o el isomalatión en el malatión.

En 1978, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció una clasificación basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto.

Los plaguicidas se clasifican en función de algunas de sus características principales, como son:

- La toxicidad
- La vida media
- La estructura química
- Su uso

1.2.1 Clasificación por toxicidad

La toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL_{50}) o de la concentración letal media (CL_{50}).

La dosis letal media (DL_{50}) se entiende como la estimación estadística de la cantidad de una sustancia tóxica (mg/kg) por peso corporal, necesaria para matar al 50% de animales de experimentación (usualmente ratas de laboratorio) en los que se ensaya el efecto letal de la sustancia, administrándola por vía oral o dérmica, durante un período de tiempo determinado y seguimiento en un período postexposición. Cuando la exposición a la sustancia tóxica es a través del aire o el agua se le llama CL_{50} y se expresa en mg/l.

Ambos parámetros varían conforme a múltiples factores como la presentación del producto (sólido, gel, líquido, gas, polvo, etc.), la vía de entrada (oral, dérmica, respiratoria), la temperatura, la dieta, la edad, el sexo, etc. Al basarse en la observación de especies animales, es importante señalar que estos indicadores no proporcionan información sobre los efectos crónicos, ni sobre la citotoxicidad de algún compuesto.

En Colombia el Ministerio de la Protección Social mediante el decreto 1843 de 1991, establece la clasificación toxicológica de los plaguicidas según la dosis letal media (DL_{50}). En la tabla 1.1 se indican las categorías de esta clasificación.

Tabla 1.1 Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad expresada en DL_{50} (mg/Kg)

Categoría	Toxicidad
I	Extremadamente tóxico
II	Altamente tóxico

Categoría	Toxicidad
III	Medianamente tóxico
IV	Ligeramente tóxico

1.2.2 Clasificación por vida media

Por su vida media, los plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes. A continuación en la tabla 1.2 se presenta dicha clasificación

Tabla 1.2 Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad

Persistencia	Vida Media	Ejemplos
No persistente	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	De 1 a 18 meses	Paratión, lannate
Persistente	De varios meses a 20 años	DDT, Aldrin, dieldrín
Permanente	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico.

1.2.3 Estructura química

De acuerdo a su estructura química, los plaguicidas se clasifican en diversas familias, que incluyen desde los compuestos organoclorados y organofosforados hasta compuestos inorgánicos. En la tabla 1.3 se muestran algunos ejemplos de plaguicidas.

Tabla 1.3 Clasificación de los plaguicidas por su familia química

Familia Química	Ejemplos
Organoclorados	DDT, Aldrin, endosulfán, endrín
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permetrín
Derivados bipyridilos	Cloromequat, diquat, paraquat
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, picram, silvex

Familia Química	Ejemplos
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, dowco, plictrán
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, azufre, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo
Compuestos de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola

Los organoclorados (OC) son los plaguicidas más ampliamente utilizados. Su estructura química corresponde a la de los hidrocarburos clorados, lo que les confiere una alta estabilidad física y química, haciéndolos insolubles en agua, no volátiles y altamente solubles en disolventes orgánicos.

Estas características favorecen su persistencia en el ambiente y su lenta biodegradabilidad. Su vida media es de 5 años, aunque varía según el producto; por ejemplo, para el beta hexaclorociclohexano es de 3 años, para el aldrín de 6 años y para el DDT es de 30 años. El compuesto como tal o sus metabolitos son contaminantes generalizados de varios tejidos en humanos y de los mamíferos en general. A causa de su alta lipofilidad tienden a acumularse principalmente en el tejido celular subcutáneo, en el componente graso de la leche materna y de la sangre. Productos representativos de este grupo son el DDT, el aldrín, el dieldrín y el endrín, así como el endosulfán y el lindano.

Los compuestos organofosforados (OF), que son ésteres, amidas o tioles derivados de los ácidos fosfórico, fosfónico y fosforico, forman otro grupo. Se descomponen con mayor facilidad y se degradan por oxidación e hidrólisis, dando origen a productos solubles en agua, tentativamente menos persistentes y poco acumulables en el organismo humano.

Pertenece a este grupo el paratión, el malatión, el diazinón, el clorpirifos y el diclorvos. Los carbamatos (C) son otro grupo de plaguicidas que pueden ser de tres tipos principales:

- a) derivados de ésteres carbamatados, comúnmente usados como insecticidas
- b) derivados del ácido tiocarbámico, utilizados como fungicidas
- c) carbamatos propiamente dichos, que se emplean como herbicidas

Todos ellos son relativamente inestables, se les atribuye un tiempo corto de persistencia ambiental y cuentan con cierta selectividad. Su degradación se realiza por oxidación y sus metabolitos finales son hidrosolubles pudiendo excretarse por la orina y las heces fecales.

Entre los más comunes se encuentran el lannate, el carbarilo y el carbyl. Las piretrinas (P) son plaguicidas obtenidos por secado, molienda y pulverización de la flor del crisantemo, cuyo polvo contiene del 1 al 3% del principio activo. Las principales piretrinas son las cinerinas I y II, las jasmolinas I y II, y las piretrinas I y II, consideradas estas últimas como las de efecto más potente. Tienen una relativa selectividad, por lo que su toxicidad es baja en organismos no blanco.

Las moléculas de piretrinas son neuroactivas, de baja absorción dérmica, con un metabolismo rápido y no dejan residuos en la atmósfera. Los piretroides son piretrinas sintéticas que surgen en los años cincuenta y se consideran más efectivos que aquellas. Químicamente, se dividen en dos tipos: *a)* sin grupo alfaciano, como el permetrín y resmetrín, y *b)* con grupo alfaciano, como fenvalerato, diametrín y cypermetrín. Todos son metabolizados por hidrólisis, oxidación y conjugación, con poca tendencia a acumularse en los tejidos. Además son rápidamente degradados en el ambiente, pues aunque se absorben masivamente por el suelo, se eliminan fácilmente con el agua.

1.2.4 Por su uso

Los plaguicidas se clasifican en:

- Insecticidas

Inicialmente los dos principales tipos de insecticidas fueron los organoclorados (OC) y los organofosforados (OPs), ambos neurotoxinas, es decir que afectan el sistema nervioso. Los insecticidas OC, incluyendo el DDT, dieldrín y endrín, tienen una ventaja, su persistencia que permite a los cultivadores lograr un control sobre las plagas durante un largo periodo. Sin embargo, el crecimiento de la planta y las lluvias, reducen la efectividad del plaguicida sobre el follaje. Después se encontró que este atributo le permite permanecer en el ambiente y acumularse en algunos animales al final de la cadena alimenticia.

Los insecticidas organofosforados son un grupo muy diverso, algunos de los cuales son extremadamente tóxicos (ej. paratión, metidatión, monocrotofos), mientras otros como el temefos, malatión y triclorofon, son menos peligrosos en su uso. Cuando se emplean en lugar de los insecticidas OC, muchas personas sufren intoxicación aguda, como la necesidad del uso de elementos de protección personal no ha sido adecuadamente reconocido en muchos países, se considera que estos insecticidas clasificados como los más tóxicos, también deberían prohibirse.

Otro grupo con un modo de acción similar son los carbamatos, aunque estos varían bastante en su toxicidad. Los ejemplos más tóxicos incluyen el aldicarb y el carbofuran, lo cuales se encuentran en gránulos y no en sprays, para reducir su potencial exposición. El menos tóxico, el carbaril, ha sido ampliamente usado con un insecticida de amplio espectro. Los más recientes grupos de insecticidas incluyen los piretroides y los neonicotinoides.

Algunos insecticidas se listan a continuación:

- Organoclorados: Derivados ciclodiénicos (aldrin, dieldrin, endosulfan, mirex), derivados del 2,2-difeniletano (DDT, dicofol), derivados del ciclohexano (lindano), policloroterpenos
- Organofosforados: Esteres fosfóricos: ortofosfaftos, pirofosfatos (TEPP, diclorvos), ésteres tiofosfóricos: fosfotionatos, fosfotiolatos (paratio, fenitrothion), ésteres diotiofosfóricos (dimetoato, metidation, malarion), amidas del ácido ortofosfórico, amidas del ácido pirofosfórico, fosfonatos (triclorfon), tiofosfinatos
- Organosulfurados (tetradifon, clorfenson)
- Carbamatos: N-metil carbamatos (carbaril, aldicarb), N,N-dimetil carbamatos (dimetan, pirolan)
- Otros grupos: Formamidinas (amitraz), dinitrofenoles (dinocap), tiocianatos orgánicos (lethane, thanite), organoestánicos (cihexatin, fenbutestan), compuestos de flúor (fluoruro sódico), insecticidas naturales (botánicos) (piretrinas, nicotina), piretroides sintéticos (fenvalerato, cipermetrina, deltametrina), compuestos inorgánicos (azufre, arseniatos)

- Fungicidas

Aparte de los fungicidas por contacto, como el cobre y el mancozeb, se han desarrollado diferentes fungicidas sistémicos con diferentes modos de acción. Desafortunadamente, los organismos patógenos que son susceptibles a un fungicida particular, a menudo ganan resistencia. Por esto, se debe tener cuidado al seleccionar los fungicidas, aplicando en rotación los que tiene un modo particular de acción por un breve período antes de usar otro diferente. Los fabricantes también recomiendan el uso de mezclas como manera de demorar el surgimiento de cepas resistentes.

A continuación se enumeran algunos fungicidas:

- Inorgánicos: Azufre, cobre, mercurio
- Orgánicos : Ditiocarbamatos (maneb, zineb), tiazoles (etridiazol), triazinas (anilazina), aromáticos sustituidos (HCB, dicloran), dicarboxiimidias (sulfenimidias) (captan, folpet), dinitrofenoles (dinocap), quinonas (cloranil), organoestánicos

- Herbicidas

Los herbicidas es el grupo de plaguicidas más extensamente usado, excepto por cultivadores de países del Tercer Mundo. Actualmente su uso es parte crucial de las siembras mecanizadas en Norte América, Europa y Australia.

Los herbicidas pueden actuar en contacto con la planta o absorbidos por la planta. Se requiere una buena dispersión para la aplicación de los herbicidas de contacto. A veces, solamente una parte del follaje se afecta, así que algunas plagas, aunque adversamente afectadas, sobreviven. Los herbicidas por contacto son importantes para muchas plagas, especialmente para aquellas persistentes como ciertos tipos de grama.

Un ejemplo de herbicida por absorción es el glifosato, el cual ingresa por los rizomas de las hierbas, por lo tanto solo afecta la maleza que crece sobre el suelo. Como el herbicida se distribuye dentro de la planta, una buena dispersión es menos importante.

Los herbicidas pueden ser de amplio espectro, afectando todo tipo de malezas, o pueden ser selectivos. Un muchos casos, la selectividad es entre plantas monocotiledóneas (e.j. pastos) y dicotiledóneas, que son la mayoría de las plantas.

Algunos herbicidas se listan a continuación:

- Inorgánicos (sulfamato amónico, boratos)
- Orgánicos: Aceites derivados del petróleo, derivados organoarsenicales (DSMA, MSMA), ácidos fenoxialifáticos (2,4-D, MCPA), amidas sustituidas (propanil), nitroanilinas (trifluralin), ureas sustituidas (diuron, linuron), carbamatos (profam, carbyne), tiocarbamatos (EPTC, metm sodio), heterociclos con nitrógeno: triazinas, triazoles, derivados de la piridina, uracilos sustituidos (atrazina, simazina, amitrol, bromacilo, picloram), ácidos alifáticos (dalapon), ácidos aril alifáticos (dicamba), derivados fenólicos (PCP), nitrilos sustituidos (ioxinil, bromoxinil), bipyridilios (paraquat, diquat)

- Rodenticidas

Ocasionalmente, las pérdidas significativas de cosechas son causadas por roedores en el campo o en los almacenes. Las ratas son igualmente el principal problema en ciudades y otras áreas donde estas pueden obtener comida.

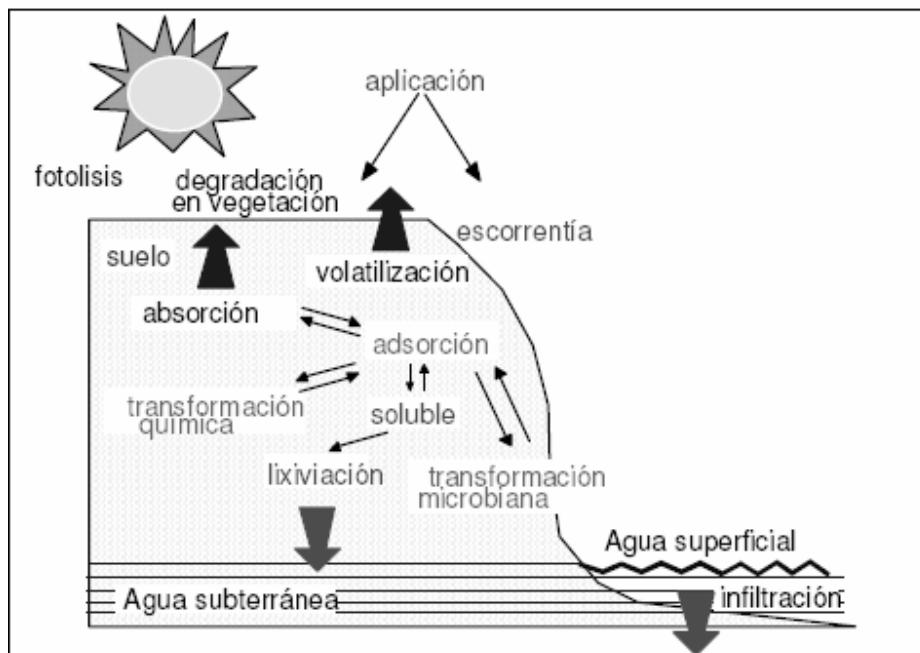
Diferentes venenos se instalan en cebos, usualmente dentro de trampas para prevenir que otros mamíferos (especialmente perros) ingieran los venenos. Después del uso del anticoagulante warfarin, al cual las ratas han desarrollado resistencia, se han introducido otros rodenticidas como la bromadiolona y el difenacoum.

- Comportamiento de los plaguicidas en el medio ambiente

La mayor parte de los plaguicidas, una vez aplicados, sufren procesos de degradación y transformación, total o parcial, que conducen a la formación de nuevos productos que, en ocasiones, pueden ser más móviles, persistentes y peligrosos que los compuestos de partida.

Cuando se aplica un plaguicida se produce un depósito en la planta que es eliminado progresivamente, con mayor o menor rapidez, en función de factores tales como la tasa de crecimiento del vegetal, condiciones ambientales (viento y lluvia), propiedades físico-químicas del plaguicida (volatilización y solubilización) y degradación química, que puede ocurrir en el interior de la planta (para los plaguicidas con poder penetrante) o en la superficie de la misma, en cuyo caso juega un papel fundamental la radiación solar.

Figura 1.1 Esquema de los principales procesos que afectan a los plaguicidas



El lixiviado de plaguicidas hacia el acuífero es un fenómeno complejo en el que intervienen numerosos procesos que ocurren tanto en la capa edáfica (en la que existe gran actividad biológica) como en la ZNS. Estos procesos son, fundamentalmente, adsorción, absorción, degradación y volatilización.

La **solubilidad** en el agua es el primer factor a considerar en el proceso de lixiviado de los plaguicidas.

La mayoría de los plaguicidas químicos son sustancias de bajo peso molecular y poco solubles en agua (son más solubles los iónicos que los no iónicos, y más los catiónicos que los aniónicos). Así pues, los compuestos organoclorados son poco solubles en agua debido a su carácter apolar, los organofosforados son, en general, más solubles y los herbicidas ácidos son los menos solubles.

Tabla 1.4 Solubilidad de algunos plaguicidas

Plaguicida	Solubilidad (mg/l)	Plaguicida	Solubilidad (mg/l)
Aldicarb	6 (20 °C)	Lindano	7 (20 °C)
Atracina	33 (25 °C)	Glifosato	12 (25 °C)
Captan	3.3 (25 °C)	Malatión	145 (20 °C)
Clorpirifos	2 (25 °C)	Metidatión	250 (20 °C)
Dicofol	0.8 (25 °C)	Metoxurón	678 (23 °C)
Dimetoato	25 (21 °C)	Molinato	900 (21 °C)
Diuron	42 (25 °C)	Simacina	3.5-5 (20 °C)
2,4 – DB	46 (25 °C)	Tetradifón	0.05 (10 °C)
Fenitrotion	21 (20 °C)	Trifularin	<1 (27 °C)

La **volatilización** consiste en el flujo del compuesto hacia la fase aire y supone uno de los mecanismos de pérdida de masa hacia la atmósfera. Este proceso está regido por la Ley de Henry y su mayor o menor intensidad depende de la presión de vapor del compuesto, de manera que los compuestos con alta presión de vapor tenderán a volatilizarse, excepto que también sean muy solubles en agua.

En algunos casos se pueden esperar pérdidas por volatilización de hasta el 90% en un periodo de 48 horas. Además de la presión de vapor, este proceso está influenciado por la distribución de los residuos y el nivel de humedad del suelo o superficie de las plantas. Asimismo, las condiciones climáticas, especialmente viento y temperatura, influyen notablemente en el grado de volatilización del plaguicida.

En general, se puede decir que los compuestos con baja solubilidad y alta presión de vapor difícilmente contaminarán las aguas subterráneas, pero existen otros

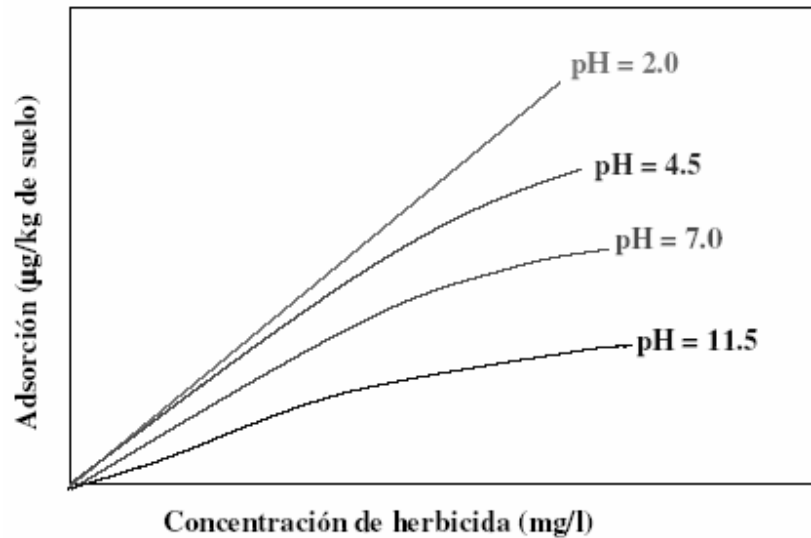
factores que determinan la movilidad y persistencia de los plaguicidas y que influyen sobre los mecanismos de adsorción y degradación de los plaguicidas.

La retención del plaguicida debida a la **adsorción** por el suelo no afecta a la cantidad total del plaguicida presente en el suelo pero puede disminuir e incluso eliminar la cantidad disponible para el transporte. La mayor o menor capacidad de ser adsorbido por la fracción sólida del suelo, esencialmente los minerales arcillosos y la materia orgánica, determina su movilidad en la solución intersticial y puede ser expresada por el coeficiente de reparto (KD).

Para describir los procesos de adsorción que tienen lugar en el suelo, se utiliza como primera aproximación la isoterma lineal: la concentración de la fase adsorbida (S, mg/kg) se supone que presenta una correlación lineal con la concentración en la fase acuosa (C, mg/L). Se define el coeficiente de adsorción como $KD (L/kg) = S/C$, que es independiente de la concentración. Para un mismo plaguicida en distintos suelos, el valor de KD puede presentar variaciones de varios órdenes de magnitud en función de las propiedades fisico-químicas del plaguicida y del suelo y de la composición química del suelo.

Otro de los parámetros a considerar es la presencia de materia orgánica. La importancia de la materia orgánica en los procesos de adsorción de plaguicidas ha generalizado el uso del denominado coeficiente de reparto normalizado respecto al contenido de carbono orgánico (oc), definido como $Koc = KD/foc$, siendo foc= gramos oc/gramos suelo. El motivo es que para un determinado plaguicida y para diversos suelos, Koc presenta menos variación que KD. Esta generalización es válida para plaguicidas no ionizables. La adsorción de componentes ionizables (ácidos y bases orgánicas), los efectos del pH del suelo, composición de la solución del suelo y características de la matriz adsorbente deben considerarse.

Figura 1.2 Influencia del pH en la adsorción de un plaguicida (glifosato)



La **transformación** es, probablemente, el proceso más determinante del comportamiento de los plaguicidas y depende de la reactividad química de cada compuesto. Conduce a cambios en su estructura química por reacciones de oxidación, reducción, hidrólisis, sustitución o eliminación de grupos funcionales, o a la fragmentación de la estructura dando lugar a compuestos inorgánicos como productos finales de la reacción (CO_2 , H_2O , haluros, amonio, fosfato, etc.). En este último caso, el proceso global se conoce como *degradación*.

La transformación puede tener lugar por vía química, fotoquímica o bioquímica, siendo ésta última la predominante en suelo, debido a la actividad de microorganismos.

La **biodegradación** puede ser definida como cualquier transformación estructural en el compuesto original inducida biológicamente y de tal manera que cambie la integridad de la molécula. Depende del tipo de suelo, del pH, del contenido de agua y de la temperatura. Según sea el compuesto y/o el factor dominante, tendremos una reacción oxidante, reductora, hidrolizadora o de polimerización. Es difícil distinguir las reacciones gobernadas por la actividad microbiana de las puramente químicas, especialmente cuando los procesos son similares, así como los productos de la degradación.

Se han utilizado un gran número de modelos más o menos complejos para cuantificar la degradación de los plaguicidas en suelos y aguas. El más común es el denominado modelo cinético de primer orden que describe la degradación del plaguicida en función del tiempo:

$$r = \frac{dC}{dt} = -kC$$

siendo

r= degradación (mg/g/día),

C concentración de pesticida (mg/g),

t (días) y k coeficiente de degradación (1/día).

Otra forma más conveniente de cuantificar dicho efecto es mediante la **vida-mitad** $t_{1/2}$ (días), donde $t_{1/2} = 0.693/k$. Los valores de $t_{1/2}$ calculados para un determinado plaguicida pueden obtenerse a partir de las numerosas tablas publicadas. Es de destacar que estos valores, corresponden a medidas realizadas a una temperatura y contenido de humedad específico y normalmente a una actividad microbiana óptima. Sin embargo la biodegradación tiende a disminuir en suelos secos y cuando la temperatura disminuye (debido al descenso de la actividad microbiana). Por esta razón, para un determinado compuesto cabe la posibilidad de poder encontrar un rango de variabilidad de $t_{1/2}$ importante, que en algunos casos puede llegar a alcanzar varios órdenes de magnitud.

El valor del periodo de vida mitad o periodo de semidegradación da una idea acerca de la persistencia del plaguicida. Cuando un plaguicida resiste los procesos de transformación y además no se evapora será muy persistente, tendrá un periodo de semidegradación muy largo y un alto potencial para contaminar las aguas subterráneas. Esto es particularmente cierto si el mismo plaguicida es altamente soluble en agua y no permanece adsorbido en el suelo. En general, los plaguicidas con vidas medias superiores a 2-3 semanas deben ser cuidadosamente evaluados de cara a la posibilidad de que puedan contaminar los acuíferos.

Tabla 1.5 Vida media ($t_{1/2}$, en días) de algunos plaguicidas

Plaguicida	$t_{1/2}$ (días)	Plaguicida	$t_{1/2}$ (días)
Aldicarb	2.4	Trifluralin	170
Atrazina	50	Bromofenoxim	134
Captan	1	Clorotoluron	135
Clorpirifos	94	Diazinon	23
2,4 - D	8	Folpet	2
Dicofol	60	Maneb	56
Diuron	64	MCPA	15
Glifosato	38	Metiocarb	41
Metidatión	4.5	Pendimetalin	171
Paratión	18.5	Terbutrín	66
Simazina	59	Triadimenol	114

- Movimiento de los plaguicidas en el suelo

La mayor parte de los plaguicidas tienen bajo peso molecular y baja solubilidad en agua. Se mueven en el suelo por transporte capilar y en el agua por difusión molecular (sin flujo de agua) o mediante flujo dispersivo-convectivo (con flujo de agua). El transporte por difusión molecular tiene poca importancia para la contaminación de aguas porque supone muy cortos desplazamientos; su intensidad depende básicamente de la humedad del suelo que influye tanto sobre la adsorción del plaguicida como sobre el volumen de poros rellenos de aire y su influencia sobre la relación entre difusión gaseosa y difusión líquida. Más importante es el transporte con flujo de agua, que depende de los factores mencionados anteriormente.

En cuanto al movimiento de los plaguicidas en la zona no saturada, se debe tener en cuenta que se trata de compuestos no conservativos que se desplazan con un cierto retardo respecto a la velocidad que el agua. El retardo en el transporte de estos compuestos puede ser estimado por sus características físico-químicas en base a la expresión:

$$R_t = 1 + \left[KD \cdot (1 - n) \frac{rs}{q} \right]$$

donde R_t es la velocidad real del flujo de agua dividido por la velocidad de transporte de las especies adsorbidas, rs y n son la densidad y la porosidad, respectivamente, q el contenido en humedad y KD el coeficiente de reparto.

Se deduce de la fórmula anterior que los factores que afectan al flujo de plaguicidas en la zona no saturada son el contenido en arcillas, materia orgánica, textura, estructura y porosidad, grado de humedad, así como la temperatura y pH.

El transporte a través de la zona no saturada está influenciado por los siguientes factores:

Contenido en arcillas, la cual presenta una alta capacidad de adsorción frente a plaguicidas cargados positivamente. A mayor contenido arcilloso, mayor capacidad de adsorción. Dentro de los minerales de la arcilla la montmorillonita es la especie más adsorbente.

Contenido la materia orgánica, que contribuye notablemente a la absorción del plaguicida y afecta a la bioactividad, bioacumulación, biodegradabilidad, lixiviabilidad y volatilidad de estos productos. En general, los suelos con altos contenidos de materia orgánica adsorben los plaguicidas y favorecen los procesos

de transformación y degradación de los mismos y, por ello, inhiben su transporte hacia el agua subterránea.

Textura, estructura y porosidad. La *textura* se refiere al porcentaje de arena, limo y arcilla que contiene el suelo, e influye en el lixiviado o percolación del plaguicida hacia el agua subterránea. A mayor tamaño de grano, mayor facilidad para el lixiviado o percolación de plaguicidas disueltos en agua. La *estructura* se refiere a la forma en que se agrupan los granos del suelo para formar agregados, como por ejemplo, estructuras planas, granulares, prismáticas, en bloques, etc... El tipo de estructura viene dado, a su vez, por la textura y el contenido en materia orgánica.

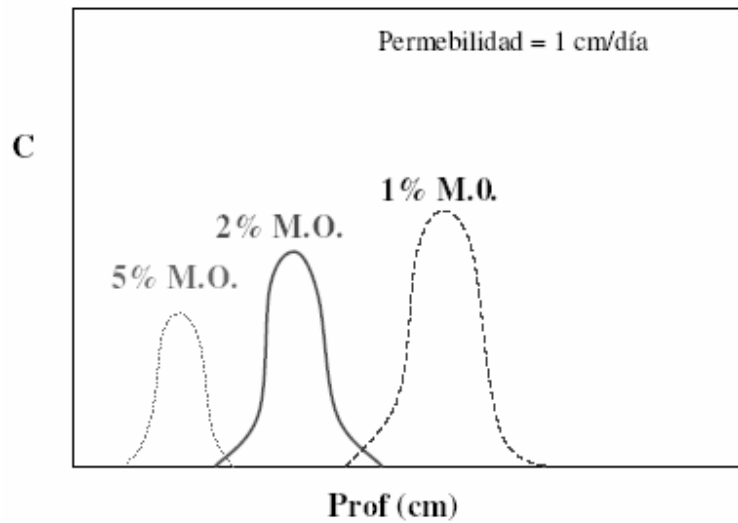
La *porosidad* es función del espacio total ocupado por los poros y del tamaño y distribución de los mismos. El transporte de plaguicidas es mucho más rápido a través de suelos porosos.

Humedad y temperatura. La humedad del suelo viene dada por su contenido en agua, e influye en la adsorción y solubilidad de los plaguicidas. Generalmente, la adsorción aumenta con la humedad del suelo; sin embargo, a partir de ciertos valores decrece la adsorción y aumentan los fenómenos de difusión. En cuanto a la temperatura, es una variable ambiental que influye directamente en la humedad del suelo y que también afecta a la volatilización del plaguicida.

pH. Algunos plaguicidas presentan distinto comportamiento debido a los cambios de pH en el suelo. El pH del suelo está afectado por las prácticas agrícolas (principalmente, el uso de fertilizantes) que pueden producir cambios importantes en las propiedades químicas del suelo, especialmente en el nivel superficial. Así, por ejemplo, la adición del nitrógeno amoniacal produce una acidificación del suelo que puede influir notablemente en el comportamiento de los plaguicidas.

En resumen, el proceso de transporte y transformación de los plaguicidas a lo largo de la ZNS es un fenómeno muy complejo en el que intervienen numerosos factores que condicionan el comportamiento de los plaguicidas en esta zona y su posible afección a las aguas subterráneas.

Figura 1.3 Movilidad de la *atrazina* en función de la materia orgánica



- Factores que influyen en la atenuación de los plaguicidas

La cantidad de lixiviado que llega al acuífero depende del tiempo de tránsito a través de la zona no saturada y la capacidad asimilativa del suelo. Se define tiempo de tránsito al tiempo total requerido por el plaguicida para viajar desde la superficie del terreno hasta una determinada profundidad.

Depende de un determinado número de factores: propiedades del plaguicida, plantas, condiciones climáticas, cultivos/suelo/plaguicida, uso, etc.

La capacidad asimilativa está determinada por los procesos bióticos y abióticos que conducen a la transformación del plaguicida en metabolitos no tóxicos. Ambos factores tienen efectos compensatorios, por ej, coeficientes de degradación elevados pueden ser equilibrados con tiempos de residencia cortos (cuyo efecto final es el de disponer de menos tiempo para degradación del compuesto); por otro lado, tiempos de degradación pequeños pueden compensarse con tiempos de residencia más largos (existe mayor tiempo disponible para la degradación). La capacidad asimilativa de la zona no saturada normalmente se representa por el $t_{1/2} = 0.693/k$, siendo k el parámetro que engloba la combinación de los efectos abióticos/bióticos.

Dado que el proceso predominante en el lixiviado es el transporte advectivo y que la migración a través de la zona no saturada es retardada por la adsorción, generalmente se asume que para una determinada recarga, q , es de esperar que los plaguicidas con mayor K_{oc} tengan un mayor retardo y por consiguiente, mayores tiempos de tránsito.

En el caso de los plaguicidas, la elevada toxicidad de su mayoría y de algunos de sus metabolitos hacen que el estudio de la problemática causada por el manejo de sus remanentes así como de los plaguicidas en desuso y sus empaques puede tener graves efectos sobre los seres vivos.

Las dos características más importantes del comportamiento de los plaguicidas en el ambiente son su movilidad y persistencia lo cual facilita la migración en aguas y suelos. Los plaguicidas deben ser suficientemente móviles como para alcanzar su objetivo y suficientemente persistentes como para eliminar el organismo específicamente atacado.

Estas dos cualidades no son deseables desde un punto de vista ambiental. Por ejemplo, el DDT tenía muy baja movilidad pero alta persistencia. De ahí que no afectase a las aguas subterráneas pero que tuviera alto potencial para alcanzar la cadena alimentaria a través de la atmósfera o por migración en aguas superficiales.

- Existencias de plaguicidas en Colombia

Los plaguicidas incluidos entre los contaminantes orgánicos persistentes COP contemplados en el Convenio de Estocolmo, se desarrollaron con el propósito de controlar las plagas que afectaban los cultivos y los insectos que transmitían enfermedades al hombre. Estas sustancias inicialmente ofrecieron una solución eficiente a este problema por sus características (baja degradabilidad, persistencia, entre otras); no obstante, con el paso del tiempo y dado el uso intensivo que se hizo de ellas, se encontró que las mismas características que los hicieron útiles en su momento, constituían un riesgo tanto para la salud como para el medio ambiente.

Teniendo en cuenta la problemática anterior y con el desarrollo de otros plaguicidas menos persistentes, los plaguicidas COP quedaron en desuso y finalmente fue prohibido su uso en 1993. En ese momento quedaron algunos excedentes de plaguicidas COP, bien sea porque su fecha de vencimiento había expirado o porque no se alcanzaron aplicar. Este problema se agravó como consecuencia de algunas prácticas inadecuadas para eliminar dichas existencias, que consistían en enterrar los excedentes y/o los materiales de empaque y envase.

Las existencias actuales están principalmente relacionadas con los excedentes de DDT, que manejaba el Instituto Nacional de Salud a través del servicio de erradicación de la malaria.

En la tabla 1.6 se presentan las cantidades encontradas de DDT almacenado. En cuanto a la existencia de sitios contaminados, en el desarrollo de este trabajo se confirmó la presencia de suelo contaminado en los departamentos de César -el cual posee la mayor cantidad de suelo contaminado-, Bolívar, Tolima y Atlántico, tal como se muestra en la tabla 1.7. La ubicación de estos sitios coincide con las zonas en las que se cultivan productos en los que se hizo un uso intensivo de estos plaguicidas, principalmente las zonas aldoneras del país.

Tabla 1.6 Existencia de plaguicidas COP almacenados en Colombia

Producto	Bogotá	Cartagena	Honda	Puerto Inírída
DDT (kg)	21920	1890	135402	600

Tabla 1.7 Cantidad estimada de suelo contaminado con plaguicidas COP

Departamento	Cesar	Bolívar	Tolima	Atlántico	
Municipio	Codazzi	Copey	Córdoba	Flandes	Barranquilla
Suelo (m ³)	1984	61	72	202	60

El conocimiento de las existencias de plaguicidas COP, su ubicación y las condiciones en que se encuentran; así como de los sitios donde hay enterramientos y algunos suelos contaminados, permite dimensionar la problemática del país frente a este tema y es la base para el establecimiento de las acciones necesarias que garanticen la protección del medio ambiente y de la salud humana con respecto a esta situación.

- Generación de residuos de plaguicidas en Colombia

En lo relacionado con bodegas y sitios de destrucción de plaguicidas COP no hay reportes de cantidades destruidas antes de los años noventa, debido a que ésta no era una práctica usual en el sector de plaguicidas. No obstante, se identifican en este sector los siguientes puntos de generación de residuos:

- En el proceso de fabricación, por los materiales de empaque en los que vienen las materias primas. Estos materiales son cartón, bolsas plásticas, canecas metálicas y plásticas, de capacidades entre 20 y 200 L. También se generan residuos en los laboratorios de control de calidad; en el proceso, producto de las actividades de limpieza de los equipos e instalaciones; y también por las devoluciones que hacen los clientes por vencimiento de los productos, en cuyo caso por lo general el producto es recuperable.

- Durante la fase de aplicación de los plaguicidas se generan residuos mediante los empaques y envases que los contenían, los remanentes de producto no aplicado y los residuos de lavado de los equipos de aplicación.
- Los sitios donde efectuaban los ensayos y los laboratorios de control del ICA podían, con el tiempo, acumular muestras de retención.

Los residuos que se generaron en todas las etapas del ciclo de vida durante la época en que se usaron los plaguicidas COP tenían los siguientes destinos:

- Las canecas y envases, plásticos y metálicos, tenían un mercado para ser reutilizados en almacenamiento de agua y otros líquidos. Este mercadeo de envases aún subsiste y se constituye en fuente de ingresos para quienes se dedican a comercializarlos.
- Los residuos de limpieza de equipos y de otros materiales, es posible que fueran dispuestos con las demás basuras que se generaban y entregados a los servicios de recolección locales.
- Para los remanentes pequeños de producto, empaques y envases, se recomendaba quemar y enterrar, razón por la cual es de esperar que en el país exista una gran cantidad de pequeños enterramientos, resultado de esta práctica.
- Para productos que definitivamente no podían ser usados, se disponían en enterramientos sin el menor requerimiento de seguridad y no se preveía el posible impacto que podían tener con el tiempo, sobre el suelo y las aguas subterráneas. Igualmente, nunca se guardaban registros sobre las cantidades y el sitio donde eran dispuestos, y con el transcurrir del tiempo se perdía la memoria de su existencia. El problema de esta disposición de plaguicidas se ve agravado, años después de enterrado, cuando los empaques se empiezan a deteriorar y los plaguicidas se van escurriendo y migrando a través del suelo, sobre horizontes subsuperficiales hasta alcanzar aguas subterráneas.

En Colombia existen algunas instalaciones donde se destruyen residuos peligrosos; no obstante, en la actualidad ninguna cumple con los requisitos para destrucción de plaguicidas COP. También hay una autorización para coprocesamiento de residuos peligrosos en hornos cementeros, donde pueden ingresar tierras contaminadas o materiales residuales con menos de 1.000 ppm de contaminantes, residuos peligrosos.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Servicio Colombiano de Empaque “Sercolpack Ltda”, es una compañía dedicada al empaque, acondicionamiento, promoción, codificación y almacenamiento de productos agroquímicos, igualmente de los insumos y materias primas que se requieran para el empaque, según las especificaciones y materiales entregados por los clientes y los requisitos legales aplicables.

“Sercolpack Ltda” fue fundada el 24 de octubre de 2002 como una empresa de carácter familiar con el fin de formalizar las actividades de servicio de empaque que venía realizando su fundador desde hacía cuatro años, en multinacionales como BASF Química Colombiana S.A.

Inició labores en una planta manual de empaque ubicada en la zona industrial del barrio Pensilvania de Bogotá, como respuesta a las necesidades de empaque de varias empresas importadoras de agroquímicos y trabajando por dar cumplimiento a los requisitos técnicos de producción y de protección del medio ambiente y la salud. En el año 2004 Sercolpack Ltda, en su nueva sede de la carrera 31 A No. 8-65, de la cual se presenta una vista de Google Earth:

Figura 2.1 Ubicación de la empresa



Su actividad principal es la maquila o servicio de empaque y acondicionamiento de plaguicidas y fertilizantes que se presta a empresas importadoras, quienes suministran, mediante transporte proporcionado por ellos, el producto y los materiales de empaque según especificaciones de presentación, peso, cantidad y rendimiento.

Realiza su proceso productivo a través de dos líneas de producción: empaque manual y empaque semiautomático.

Básicamente, el proceso consiste en un cambio de presentación de los productos agroquímicos de un material a granel en bultos de 25 o 40 kilos, a un empaque final en bolsas plásticas embaladas en cajas de cartón corrugado, según las especificaciones de calidad entregadas por los clientes.

Se empaican y acondicionan dos tipos de productos agroquímicos: plaguicidas y fertilizantes. En un año se espera empaicar 60 toneladas mensuales, donde el 77% corresponde a fungicidas de categoría toxicológica media, el 10% son insecticidas, 9% de rodenticidas y 4% de fertilizantes.

Dentro de las etapas de producción, se efectúan actividades de control de calidad para verificar, entre otros, limpieza, hermeticidad de bolsas, peso neto y rendimiento de la producción.

Así mismo, sigue las recomendaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC-1319 "*Almacenamiento de plaguicidas químicos para uso agrícola*", para la construcción de las instalaciones de las áreas de almacenamiento de los plaguicidas y para las plantas de proceso.

Las áreas productivas, claramente diferenciadas y señalizadas, se dividen en zona de almacenamiento y las dos plantas de empaque. En el edificio anexo, se encuentran las oficinas administrativas.

La edificación cuenta con medidas de control de derrames y vertimiento de agroquímicos que permiten su confinamiento dentro de la empresa sin drenajes al exterior, por la pintura impermeable en pisos y paredes, la instalación de un dique de contención y la eliminación de sifones.

Se diseñó un sistema de ventilación mecánica que renueva el aire y extrae material particulado de las plantas de empaque, permitiendo además la retención de polvos por precipitación y filtrado de del aire, evitando su evacuación al exterior.

2.1 Descripción del proceso productivo

Como se mencionó anteriormente, se realiza a través de dos líneas de producción: empaque manual y empaque semiautomático cuya variación con respecto al empaque manual se presenta en el llenado de bolsas, que se realiza a través de una máquina dosificadora automática, y se omiten las etapas de calibrado de peso de bolsas y la limpieza de éstas. A continuación se describen las etapas que se llevan a cabo en el proceso:

a. Transporte de materiales y producto a granel

El transporte del producto a granel y los materiales de empaque hasta las instalaciones de Sercolpack, lo efectúan los transportadores asignados por los clientes.

Sercolpack realiza verificación de cumplimiento del Decreto 1609 del Ministerio de Transporte "*Manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera*".

b. Recepción de materiales y producto a granel

El producto a granel y los materiales de empaque enviados por el cliente, ingresan a las instalaciones de la empresa, se revisan para determinar su estado exterior, se cuentan las unidades de cada ítem y se deja constancia en el registro respectivo.

Para el caso del material a granel se realiza un primer control consistente en la verificación y registro del peso de la unidad de empaque (bulto, tambor, caneca, etc.) de una muestra representativa del lote con el fin de determinar la tendencia de peso del material a granel.

En el evento de que los materiales se reciban en un número inferior a los necesarios para la orden de producción o con peso inferior al especificado, se le reporta al cliente la novedad.

c. Almacenamiento de materiales y producto a granel

El material de empaque y el producto a granel se disponen en estibas cuya ubicación se encuentra demarcada en el piso con una letra y un número que permite su fácil organización e identificación.

Adicionalmente, cada material o producto dispuesto sobre las estibas se señala con un cartel en el que se indica la fecha, el cliente, el producto o material y su cantidad.

d. Prealistamiento de materiales de empaque

Los materiales de empaque y el producto a granel se transportan hasta la planta que se ha dispuesto para la producción. El transporte se realiza en carros y gatos hidráulicos con el fin de minimizar los riesgos ergonómicos de los trabajadores.

e. Llenado de tolva de producto a empacar

Los envases, lonas o bultos en los que viene el producto se abren y se depositan en la tolva al inicio de la línea de producción. En la parte superior de la tolva se encuentra una campana de extracción que retira el polvo que se levanta.

f. Llenado de bolsas

El llenado de las bolsas se realiza con palas en acero inoxidable de acuerdo a la presentación del producto. El operador de llenado toma el producto de la tolva con la pala y lo deposita en la bolsa.

g. Ajuste de peso de bolsas

El operador de ajuste de peso, coloca las bolsas sobre la balanza electrónica y le rectifica el peso retirando o colocando producto hasta que dicho peso se encuentre dentro de los límites de control establecidos por la empresa según la presentación de empaque.

En el área destinada para el llenado de bolsas y el calibrado de peso se encuentra una campana de extracción que succiona el polvo que se levanta en dichas operaciones.

h. Sellado de bolsas

Las bolsas llenas y calibradas se pasan al área de sellado donde se les retira el aire, se cierran y se presionan en la mandíbula de la máquina selladora manual. La temperatura y tiempo de sellado dependen del material de empaque, la capacidad y la forma de la bolsa.

En esta etapa del proceso, se ubicó una campana extractora que succiona el polvo que se elimina cuando se retira el aire de las bolsas.

i. Limpieza de bolsas

Las bolsas selladas se pasan a la mesa de limpieza, donde se retira el polvo exterior de las bolsas, con estopas o trapos de algodón que posteriormente se disponen como material impregnado de plaguicidas.

j. Embalaje final en cajas

El operador de empaque se encarga de realizar el embalaje de las bolsas limpias dentro de las cajas de cartón corrugado, de acuerdo a la capacidad establecida para la caja. La caja llena se cierra y se sella con cinta adhesiva. En esta etapa del proceso se realizan tres controles al producto:

- Control de limpieza y hermeticidad de bolsas: el operador de empaque toma un conjunto de bolsas para revisar visualmente su limpieza y las presiona fuertemente con las manos para verificar su hermeticidad. Una vez efectuadas estas revisiones las deposita dentro de la caja.
- Control de peso de bolsas: según la frecuencia establecida, se toma una bolsa aleatoriamente, se le determina el peso neto y se registra en la carta de control. El objetivo de éste control es visualizar la estabilidad del proceso de empaque y verificar que el peso de bolsas se encuentre dentro las tolerancias establecidas.
- Control de peso de cajas: Las cajas selladas se pesan y se les imprime un sello en la parte superior en donde se le consigna el peso bruto y el número de caja. El objetivo de este control es evitar que las cajas tengan mayor o menor número de unidades y servir como medida de trazabilidad del producto empacado.

k. Almacenamiento de producto terminado

Las cajas de producto empacado se transportan hasta su área de almacenamiento, se ubican sobre estibas y se señalan con un cartel en el que se indica la fecha, el cliente, el producto y su cantidad.

l. Entrega de producto terminado

El producto terminado se entrega al transportador contratado por el cliente. Se hace un conteo final de cajas y se cargan al camión entregando la respectiva remisión.

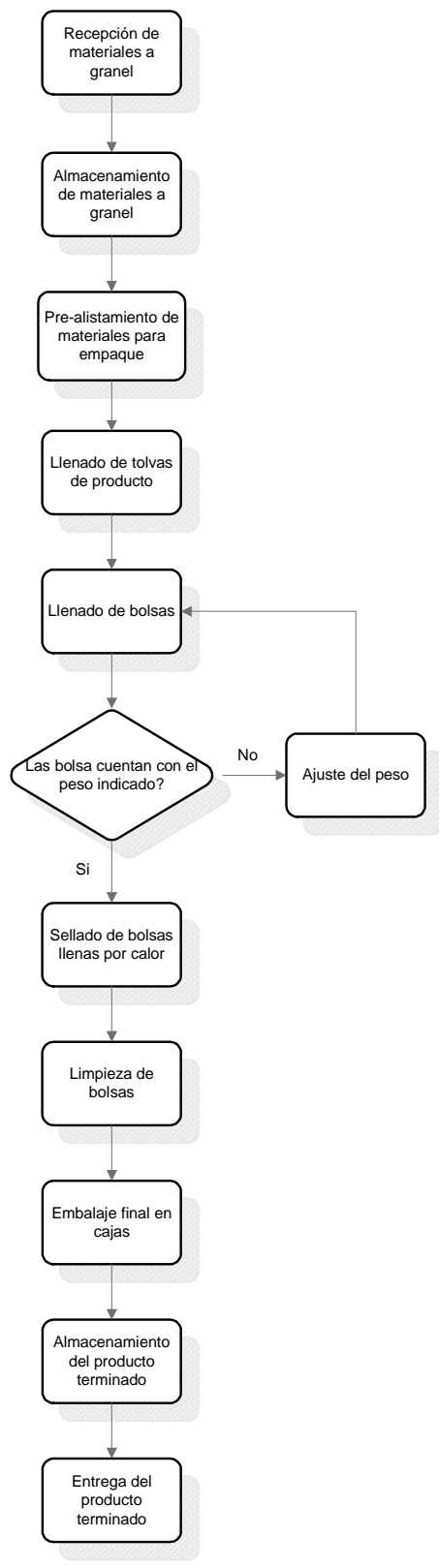
Finalmente se emite al cliente un certificado de calidad del producto empacado y un reporte de maquila donde se discriminan las cantidades empleadas de los materiales, los desperdicios y las unidades totales empacadas.

m. Transporte de producto terminado

El transporte del producto terminado desde las instalaciones de Sercolpack, lo efectúan los transportadores asignados por los clientes.

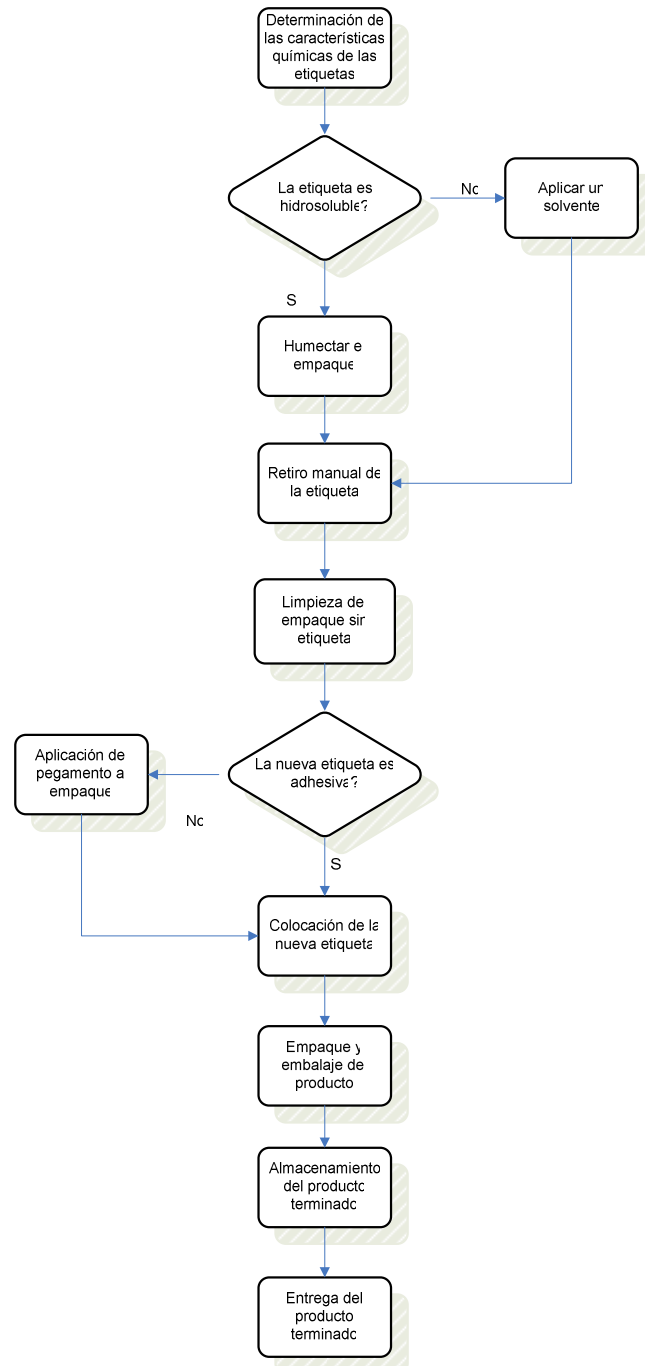
El diagrama de proceso general se muestra en la Figura 2.2:

Figura 2.2 Diagrama de flujo actividad de empaque de agroquímicos



En cuanto al acondicionamiento realizado (sustitución de etiquetas en envases y cajas), el diagrama de flujo se muestra en la Figura 2.3:

Figura 2.3 Diagrama de flujo actividad de acondicionamiento



2.2 Marco normativo aplicable

Dentro de las actividades propias de la maquila de plaguicidas (fungicidas, insecticidas y herbicidas) se tiene que está regulado por las siguientes normas ambientales:

Título del requisito legal o normativo	Emitido por	Tema de la legislación o requisito
Ley 9 de enero 24 de 1979	Congreso de la República	Normas para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones
Resolución 2309 de febrero 24 de 1986	Ministerio de Salud	Reglamentación de manejo de residuos especiales
Decreto 1843 de 22 de julio de 1991	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y de Salud	Se reglamenta el uso y manejo de plaguicidas
Decreto 1609 de 31 de julio de 2002	Ministerio de Transporte	Se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera
Decreto 150 de 21 de enero de 2003	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Por la cual se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia
Resolución 3759 de 16 de diciembre de 2003	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Se dictan disposiciones sobre el registro y control de los plaguicidas químicos de uso agrícola
Decreto 1220 de 21 de abril de 2005	Ministerio de Medio Ambiente	Se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la licencia ambiental

Decreto 4741 de 30 de diciembre de 2005	Ministerio de Medio Ambiente	Se reglamenta la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral
Norma Técnica Colombiana NTC-134	ICONTEC	Plaguicidas Agrícolas. Definiciones y Clasificación
Norma Técnica Colombiana NTC-1319	ICONTEC	Almacenamiento de plaguicidas químicos de uso agrícola
Norma Técnica Colombiana NTC-1927	ICONTEC	Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones
Norma Técnica Colombiana NTC-3584	ICONTEC	Plaguicidas. Guía para la disposición de desechos de plaguicidas
Norma Técnica Colombiana NTC-3684	ICONTEC	Contenido neto de los productos empacados
Norma Técnica Colombiana NTC-4613	ICONTEC	Contenido neto de plaguicidas para uso agropecuario

2.3 Diagnóstico ambiental inicial

Se han identificado la generación de dos clases de residuos en las actividades de maquila de plaguicidas o empaque de agroquímicos:

- a. Plantas de empaque
 - Materiales impregnados de agroquímicos: generados en la producción por la disposición de las lonas, bultos, bolsas y cajas de producto a granel, así como elementos de protección personal, estopas y telas impregnadas con agroquímicos en las labores de aseo diario² de las plantas de empaque.

² La limpieza de las plantas se realiza en seco

- Partículas de agroquímicos retenidos en el filtro del ciclón del sistema de extracción de polvo que se generan en las actividades de producción y que son aspirados por los ductos de extracción.
 - Lámparas fluorescentes generadas por el reemplazo de las deterioradas.
- b. Administrativas
- Lámparas fluorescentes generadas por el reemplazo de las deterioradas.
 - Cartuchos de impresora y fotocopiadora

Así mismo, dentro de las instalaciones de proceso se han identificado los puntos de generación de residuos sólidos que se señalan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Puntos de generación de residuos

PUNTO DE GENERACIÓN	ACTIVIDAD	RESIDUO
PLANTA N° 1 (Empaque semiautomática)	Llenado de tolva.	Lonas y bultos impregnados de agroquímicos.
	Sellado de bolsas.	Bolsas rotas o defectuosas impregnadas de agroquímicos
	Aseo de las instalaciones de la planta.	Textiles y aserrín impregnados de agroquímicos.
	<ul style="list-style-type: none"> • Llenado de tolva y de bolsas • Ajuste de peso de bolsas • Sellado de bolsas 	Material particulado en polvo retirado por el sistema de extracción.
PLANTA N° 2 (Empaque manual)	Llenado de tolva	Lonas y bultos impregnados de agroquímicos.
	Sellado de bolsas	Bolsas rotas o defectuosas impregnadas de agroquímicos
	Limpieza de bolsas	Textiles impregnados de agroquímicos
	Aseo de las instalaciones de la planta	Textiles impregnados de agroquímicos
	Limpieza de pisos por derrames de productos.	Aserrín impregnado de agroquímicos.

Sercolpack cuenta con un cuarto separado del proceso productivo, donde se realiza el almacenamiento de los residuos sólidos impregnados de agroquímicos que se generan en las plantas de empaque.

Así mismo, Sercolpack ha asignado funciones y responsabilidades para la recolección, almacenamiento, control y entrega al transportador de los residuos sólidos para su disposición final.

La empresa determinó las siguientes acciones para la recolección y disposición de los residuos sólidos generados en las plantas de empaque.

a. Recolección y almacenamiento

Al final de la jornada de trabajo, los operarios designados, recolectan las lonas, las bolsas del producto a granel y en general, el material impregnado de agroquímicos, lo envuelven y lo empacan en bolsas plásticas que sellan con cinta adhesiva. Pesan cada bolsa y la rotulan indicando el cliente, el producto y el peso en kilogramos.

El peso del conjunto de bolsas se registra en un formato de control por cliente. Finalmente este material se lleva hasta al cuarto de almacenamiento.

Los textiles y el aserrín que se emplea en las labores de aseo, también son empacados en bolsas de plástico. Los materiales son registrados y controlados igual que los materiales impregnados de agroquímicos.

Esta etapa de recolección y embalaje de los materiales se realiza dentro de los cuartos de empaque, portando los elementos de protección personal exigidos.

El material particulado en polvo que se recolecta en los filtros y el ciclón del sistema de extracción es retirado semanalmente por un operario que se ha asignado para tal fin. Este material se coloca dentro de bolsas plásticas que se rotulan, almacenan y registran de la misma manera que los residuos que se llevan al cuarto de almacenamiento de residuos.

b. Despacho

Cada cliente tiene su proveedor de servicios de disposición final. Sercolpack se encarga de informar periódicamente a cada cliente, la necesidad de retirar los materiales contaminados, quien a su vez programa el transporte para la recolección.

El almacenista de Sercolpack realiza la remisión del material contaminado basándose en el registro del cuarto almacenamiento.

Una vez efectuada la eliminación, las empresas emiten un acta de incineración en la que certifican la destrucción total de los residuos. La factura del servicio se emite a nombre de los clientes Sercolpack y la realizan las empresas de incineración certificadas por la autoridad ambiental respectiva.

3. PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS

Sercolpack Ltda, como empresa comprometida con el cumplimiento normativo aplicable a su actividad industrial ha desarrollado su Plan de gestión integral de residuos peligrosos de acuerdo con los requisitos establecidos en el Decreto 4741 de 2005 y los lineamientos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

A continuación se presenta el desarrollo de cada uno de los componentes del plan:

3.1 COMPONENTE I. Prevención y minimización

3.1.1 Objetivos y metas

Objetivos	Metas
Identificar etapas del proceso con generación significativa de residuos peligrosos	Elaboración de un ecomapa que permita visualizar el uso de recursos tales como agua y energía, así como la generación de residuos
Reducir la cantidad de material impregnado con agroquímicos	Realizar el 100% de las capacitaciones programadas para incentivar la separación en la fuente y la minimización de generación de residuos peligrosos

3.1.2 Identificación de fuentes de generación de residuos

Para la identificación de los puntos del proceso donde se generen residuos, se parte de los diagramas de flujo mostrados en el Capítulo 2 (Figuras 2.3 y 2.4).

A continuación, empleando herramientas de producción más limpia como el Ecomapa se muestran los puntos de generación de residuos peligrosos encontrados en áreas de proceso y administrativas:

Figura 3.1 Ecomapa de recursos 1 piso

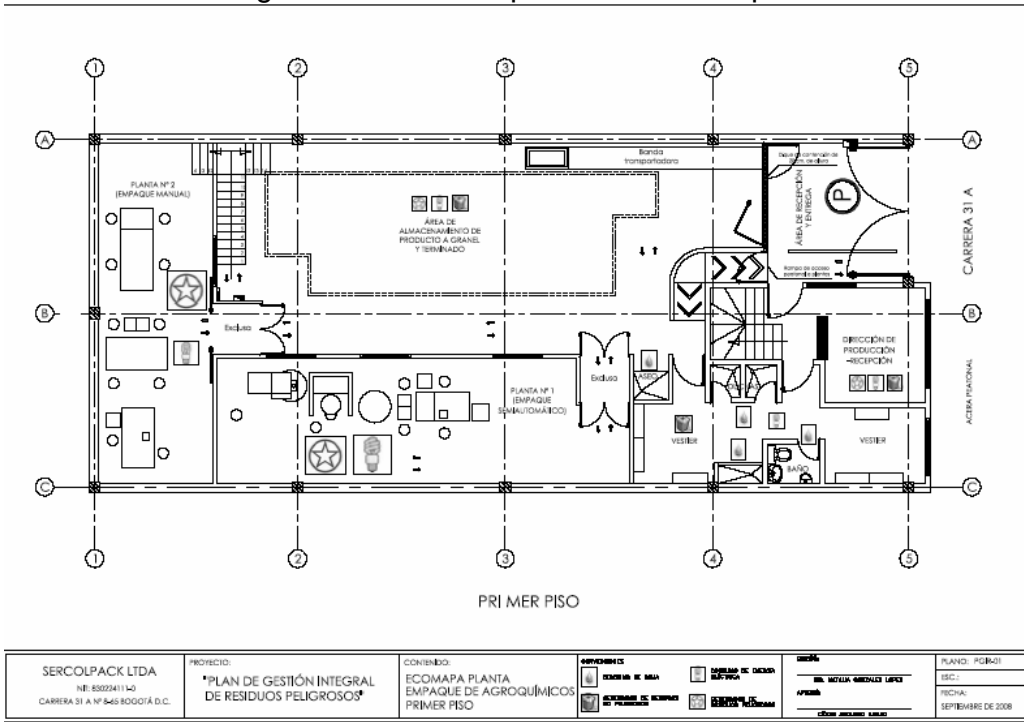


Figura 3.2 Ecomapa de recursos 2 piso

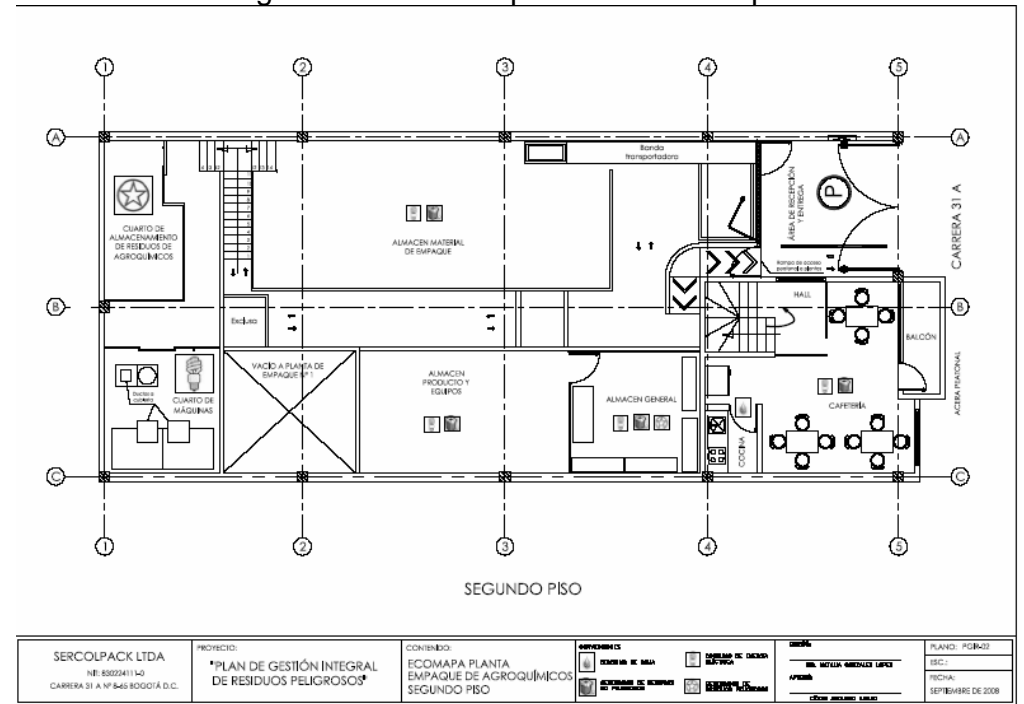
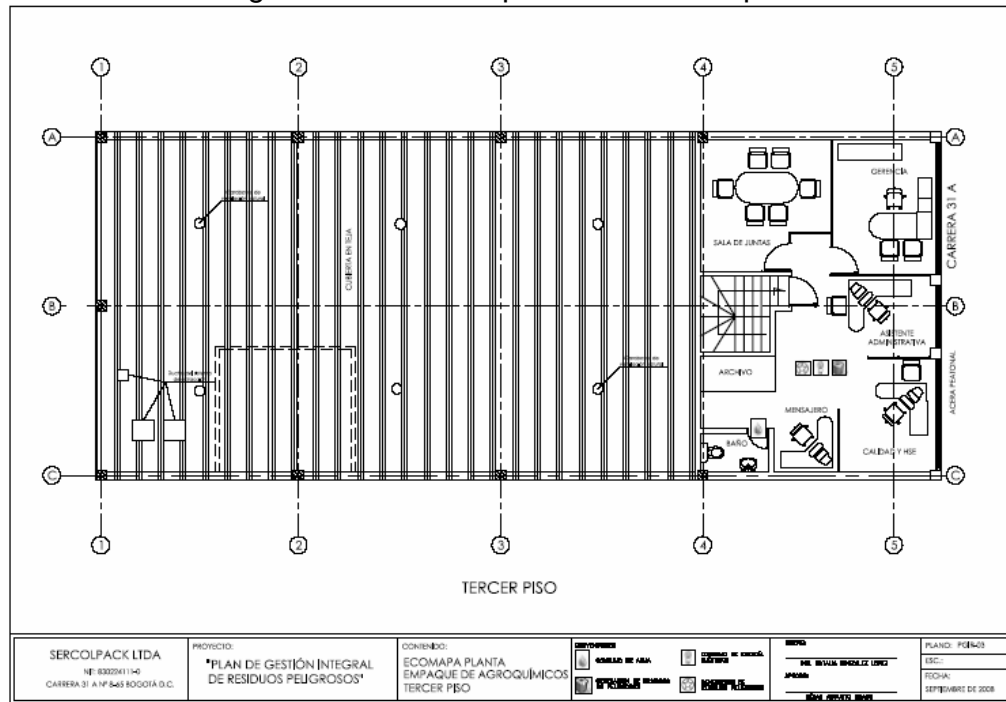



Figura 3.3 Ecomapa de recursos 3 piso



Para mayor detalle en los ecomapas estos se muestran en el Anexo 1.

Es así como se identifica que los puntos críticos de generación de residuos peligrosos se encuentran en el proceso de empaque (se muestran con el símbolo ).

3.1.3 Clasificación e identificación de características de peligrosidad

Una vez identificados los puntos de generación de residuos, a continuación se presentan los encontrados como peligrosos empleando:

- Anexos I y II del Decreto 4741 de 2005
- Hojas de seguridad de los insumos

Tabla 3.1 Clasificación de residuos

Punto de generación	Estado	Residuo	Clasificación
Planta N° 1 (Empaque semi-automática)	Sólido	Barreduras impregnadas con agroquímicos	Y4 ³

³ Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos

Punto de generación	Estado	Residuo	Clasificación
Planta N° 2 (Empaque manual)	Sólido	Lonas y bultos impregnados de agroquímicos.	A4030 ⁴
	Sólido	Materiales impregnados con agroquímicos	Y4
Acondicionamiento	Sólido	Etiquetas adhesivas retiradas	Y13 ⁵
Administrativos	Sólido	Lámparas fluorescentes	A1030 ⁶
	Sólido	Cartuchos de impresora	A4070 ⁷

En la Tabla 3.1 se consideró a los clasificados en categoría Y como los residuos peligrosos generados en el procesos productivo y los residuos clasificados en categoría A como los residuos generados por fuera del proceso, como empaques y embalajes.

3.1.4 Cuantificación de la generación

Una vez determinados los puntos de generación de residuos, se procede a cuantificarlos. Se dará énfasis únicamente a los residuos sólidos generados en la operación de las dos plantas de empaque, por ser éstos los puntos donde se generan la totalidad de los residuos.

Para mayor facilidad en la cuantificación, se tomarán dos grupos de residuos sólidos:

- Material impregnado de agroquímicos: que incluye los materiales residuo del proceso como lonas y bultos de material a granel, las bolsas rotas o defectuosas y los textiles y el aserrín que se emplea en las labores de aseo de las plantas de proceso.
- Material particulado en polvo: que comprende los agroquímicos retirados por el sistema de extracción y retenidos en los filtros.

⁴ Desechos resultantes de la producción, preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados⁷, en desuso o no aptos para el uso previsto originalmente.

⁵ Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos

⁶ Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: Arsénico; compuestos de arsénico Mercurio; compuestos de mercurio Talio; compuestos de talio.

⁷ Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010)

Para el caso del proceso de maquila, los resultados de dicha medición se muestran en la Tabla 3.2

Tabla 3.2 Cuantificación de residuos peligrosos en proceso de maquila

Entradas	Proceso	Residuos	Cantidad promedio (Kg./mes)
Agroquímicos para reempaque	Recepción de materiales a granel	Barreduras impregnadas con agroquímicos ⁸	26,12
Agroquímicos para reempaque	Almacenamiento de materiales a granel	Barreduras impregnadas con agroquímicos ³	
Agroquímicos para reempaque	Pre-alistamiento de materiales para empaque	Barreduras impregnadas con agroquímicos ³	
Agroquímicos para reempaque	Llenado de tolvas de producto	Lonas y bultos impregnados de agroquímicos.	
Agroquímicos para reempaque Bolsas	Llenado de bolsas	Materiales impregnados con agroquímicos ⁹ Barreduras impregnadas con agroquímicos ¹	
Agroquímicos para reempaque Bolsas	Sellado de bolsas llenas por calor	Material particulado	2,24

⁸ Generados por la ruptura de empaques originales

⁹ Elementos de protección personal, bolsas, aserrín y elementos de limpieza.

Entradas	Proceso	Residuos	Cantidad promedio (Kg./mes)
Bolsas llenas y calibradas Elementos de limpieza	Limpieza de bolsas	Materiales impregnado con agroquímicos ¹⁰	7,72
Bolsas llenas y calibradas Cajas de cartón corrugado	Embalaje final en cajas	Barreduras impregnadas con agroquímicos ¹	
Cajas de cartón selladas	Almacenamiento del producto terminado	Barreduras impregnadas con agroquímicos ¹	
Cajas de cartón selladas	Entrega del producto terminado	Barreduras impregnadas con agroquímicos ¹	

En caso de acondicionamiento de productos se muestran los resultados en la Tabla 3.3

Tabla 3.3 Cuantificación de residuos peligrosos en proceso de acondicionamiento

Entradas	Proceso	Residuos	Cantidad (Kg./mes)
Envases y embalajes con agroquímicos etiquetados	Humectar el empaque	N/A	0

¹⁰ Estopas, textiles, algodón, aserrín y elementos de protección personal.

Entradas	Proceso	Residuos	Cantidad (Kg./mes)
Envases y embalajes con agroquímicos sin etiquetas	Retiro manual de la etiqueta	Etiquetas adhesivo dañadas ¹¹ con	0,4
Envases y embalajes con agroquímicos sin etiquetas Elementos de limpieza	Limpieza del empaque sin etiqueta	Materiales impregnados	0,2
Envases y embalajes con agroquímicos sin etiquetas	Colocación de la nueva etiqueta	Etiquetas adhesivo dañadas con	0,1
Envases y embalajes con agroquímicos etiquetados Cajas de cartón corrugado	Empaque y embalaje del producto	N/A	0
Cajas de cartón selladas	Almacenamiento del producto terminado	N/A	0
Cajas de cartón selladas	Entrega del producto terminado	N/A	0

Es de resaltar que el proceso de acondicionamiento se realiza por solicitud y dicha actividad puede desarrollarse en las instalaciones del cliente. En el año 2007 se registraron 3 actividades de acondicionamiento en las instalaciones de Sercolpack.

¹¹ Para el caso de etiquetas cuyo adhesivo sea hidrosoluble corresponderá a la etiqueta retirada, sin embargo, actualmente se implementó un proceso de retiro por calor.

Debido a que las actividades de maquila y acondicionamiento no involucran procesos de mezcla o adiciones se puede establecer una relación entre residuos generados por materia prima procesada en condiciones normales de proceso.

Es así como tomando como base de cálculo una (1) tonelada de materia prima se encuentran las relaciones mostradas en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Cuantificación de residuos peligrosos generados en planta

Residuo sólido	Cantidad mensual promedio (Kg.)
Material impregnado de agroquímicos	0,5
Material particulado en polvo	0,07

Los residuos mostrados en la Tabla 3.4 solo incluyen los residuos generados en el proceso de maquila de propiedad de Sercolpack (barreduras y textiles impregnados, material particulado) y que residuos como lonas y plásticos impregnados son devueltos a los clientes a para su gestión.

Es de anotar que existen residuos peligrosos generados una vez termina la actividad de maquila o acondicionamiento pertenecientes a los clientes, los cuales son dispuestos y acopiados temporalmente para facilitar la devolución a las instalaciones del cliente o para que éste realice su manejo integral. Sercolpack garantiza condiciones ambientales seguras de dichos durante su permanencia en sus instalaciones. La cuantificación de dichos residuos para el año 2007 se muestra en la Tabla 3.5

Tabla 3.5 Residuos peligrosos generados por clientes de Sercolpack

RESPEL CLIENTES 2007	
Mes	Residuos (Kg.)
Enero	385,3
Febrero	436,7
Marzo	572,5
Abril	1.139,8
Mayo	392,1
Junio	1.658,6
Julio	1.594,4
Agosto	1.101,3
Septiembre	1.113,7

RESPEL CLIENTES 2007	
Octubre	1.643,8
Noviembre	1.429,3
Diciembre	1.998,8
TOTAL	13.466,4

Para áreas administrativas se ha identificado de generación de residuos peligrosos tales como:

Tabla 3.6 Cuantificación de residuos peligrosos generados en administrativa

Entrada	Residuos	Cantidad (unidades./mes)
Insumos de oficina	Lámparas fluorescentes	0,2
	Cartuchos de impresora (Q6000A HP, Q6002 A, Q6001 A, Q6003A)	1

Teniendo en cuenta los resultados mostrados y la consideración anterior acerca de los residuos pertenecientes a los clientes, tal como lo establece el Decreto 4741 de 2005 se procede a calcular la media móvil para determinar la categoría de generación:

Tabla 3.7 Cálculo de la media móvil para el año 2007

RESPEL SERCOLPACK 2007		
Mes	Residuos (Kg.)	Media Móvil
Enero	32,09	-
Febrero	25,28	-
Marzo	23,84	-
Abril	28,20	-
Mayo	26,17	-
Junio	26,04	26,94
Julio	29,22	26,46
Agosto	28,79	27,04
Septiembre	42,35	30,13
Octubre	37,34	31,65
Noviembre	33,78	32,92
Diciembre	5,80	29,55
TOTAL	338,90	-
Promedio de generación de respel		29,62

De acuerdo con la Tabla 3.7 la clasificación encontrada es de pequeño generador (entre 10 y 100 Kg. mensuales).

3.1.5 Alternativas de prevención y minimización

Debido a la mayor proporción de residuos peligrosos generados corresponden a materiales impregnados de agroquímicos, las alternativas de prevención y minimización son limitadas sin embargo, se proponen como estrategias:

Tabla 3.8 Alternativas de prevención y minimización

Etapas del proceso	Concepto	Actividad
Llenado de bolsas Sellado de bolsas	Buenas prácticas	Determinación de indicadores de consumo de materiales de limpieza por tonelada de plaguicida empacado. Capacitación en uso eficiente de insumos de limpieza
	Optimización de materias primas	Investigación en materiales de limpieza con una mayor vida útil
Recepción, almacenamiento y alistamiento de materiales	Buenas prácticas	Inspeccionar los embalajes antes de descargar con el fin de identificar puntos de rotura que den lugar a fugas
Durante todo el proceso	Buenas prácticas	Capacitación para evitar mezclar los residuos peligrosos y los no peligrosos.

3.2 COMPONENTE II. Manejo interno ambientalmente seguro

En este componente se muestran las acciones tendientes a realizar el manejo interno de los residuos peligrosos generados en Sercolpack.

Se describirá actividades, tales como:

- Recolección en el punto de generación
- Acondicionamiento de los residuos
- Movilización interna
- Almacenamiento temporal
- Medidas de devolución de residuos al generador
- Entrega al transportador para la movilización
- Verificación de cumplimiento de requisitos ambientales

Es de resaltar que todas las actividades son realizadas de forma ambientalmente segura.

3.2.1 Objetivos y metas

Objetivos	Metas
Mejorar las condiciones de almacenamiento de los RESPEL	Adecuar áreas del cuarto de almacenamiento para los residuos de los clientes
Cumplir con la normativa vigente relacionada con salud ocupacional y seguridad industrial	Incluir dentro del panorama de riesgos los relacionados con residuos peligrosos

3.2.2 Manejo interno de RESPEL

Sercolpack considera que los residuos generados dentro de las actividades de la maquila o el acondicionamiento de los agroquímicos tal y como lo define la norma son los materiales descartados que se generan durante el proceso con características de peligrosidad tales como elementos de protección personal y materiales de limpieza impregnados con agroquímicos.

Es así que los residuos peligrosos generados en el proceso se describen las actividades a continuación:

- Recolección y acondicionamiento en el punto de generación

Al final de la jornada de trabajo, los operarios designados, recolectan las lonas, las bolsas del producto a granel y en general, el material impregnado de agroquímicos, lo envuelven y lo empacan en bolsas plásticas que sellan con cinta adhesiva. Pesan cada bolsa y la rotulan indicando el cliente, el producto y el peso en kilogramos. El peso del conjunto de bolsas se registra en un formato de control por cliente.

Los textiles, el aserrín y en general los materiales que se emplean en las labores de aseo, también son empacados en bolsas de plástico. El registro y control es idéntico y se hace en formatos establecidos para tal en el Sistema de Gestión de Calidad. Para el caso del material particulado en polvo este se recolecta de los filtros y el ciclón del sistema de extracción y es retirado semanalmente o según se requiera por un operario que se ha asignado para tal fin. Este material se coloca dentro de bolsas plásticas que se rotulan, almacenan y registran de la misma manera que los desechos que se sacan de los cuartos de empaque.

Figura 3.4 Embalaje y rotulado de residuos



- Movilización interna

Los residuos generados del proceso de empaque de una jornada de trabajo, luego de realizar la limpieza de las plantas, se empacan, rotulan y registran para ser llevados de forma manual por los operarios al punto de almacenamiento que Sercolpack ha dispuesto para tal fin.

Figura 3.5 Recolección de residuos peligrosos generados en planta



- Almacenamiento temporal

Sercolpack cuenta con un cuarto separado del proceso productivo, donde se realiza el almacenamiento de los residuos sólidos impregnados de agroquímicos que se generan en las plantas de empaque. Este cuarto tiene una capacidad de almacenamiento de 20 m³ aproximadamente y está ubicado en el segundo piso de la planta.

Así mismo, Sercolpack ha asignado funciones y responsabilidades para la recolección, almacenamiento, control y entrega al transportador de los residuos sólidos para su disposición final. Se cuenta con un formato de registro de residuos en el cuarto de almacenamiento, sin embargo, no es posible identificar fácilmente los ingresos y egresos de residuos por cliente y los propios de la empresa.

Figura 3.6 Cuarto de almacenamiento de residuos



Se cuenta con las fichas de seguridad de los agroquímicos que ingresan al proceso de maquila y se tienen en cuenta sus características para su manipulación y almacenamiento. Las hojas de seguridad se muestran en el Anexo 2.

- Medidas de devolución de residuos al generador

Cada cliente informa previamente sobre quien es su proveedor de servicios de disposición final. Sercolpack se encarga de informar periódicamente a cada cliente, la necesidad de retirar los materiales contaminados, quien a su vez programa el servicio de recolección externa, transporte y envío a disposición final. El almacenista de Sercolpack realiza la remisión del material contaminado basándose en el registro del cuarto de almacenamiento.

- Entrega al transportador para la movilización

Se entrega al movilizador, una vez llega el vehículo de recolección de residuos contratado por el cliente, Sercolpack aplica un formato de verificación de cumplimiento del Decreto 1609 de 2002 (Formato PR-22-4).

- Verificación de cumplimiento de requisitos ambientales

Debido a las características de peligrosidad de los residuos generados por Sercolpack en sus actividades de maquila y acondicionamiento, se determinó que la mejor alternativa técnica y ambientalmente disponible para su tratamiento es la incineración.

De la revisión realizada a las empresas licenciadas para realizar incineración de los residuos peligrosos en jurisdicción local y regional se seleccionó a un proveedor de este servicio.

Una vez efectuada la incineración, dicha empresa emite un acta en la que certifican la destrucción total de los residuos.

Para el caso de los residuos de los clientes entregados por Sercolpack a sus proveedores, actualmente no se verifica que existan certificaciones de tratamiento o disposición final, debido a que existe responsabilidad solidaria en la gestión de los mismos.

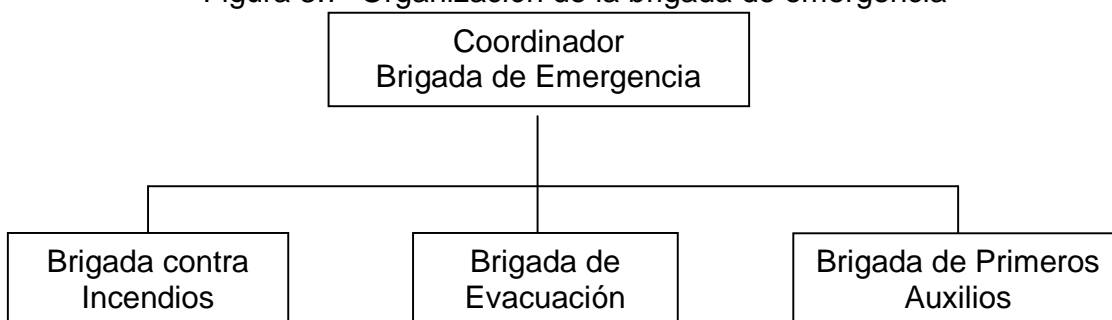
3.2.3 Medidas de contingencia

Las condiciones propias de seguridad física, demarcación de zonas, y demás se encuentran en el Plan de manejo ambiental. Para efectos del plan de gestión integral de residuos peligrosos se tomará como base el análisis de riesgo y el plan de contingencia existentes incluyendo los residuos peligrosos como factor de riesgo.

En este caso los materiales y barreduras impregnados con agroquímicos mantienen la misma característica de peligrosidad que las materias primas por lo que el análisis de riesgos que se encuentra en el Plan de contingencia es aplicable a situaciones con residuos peligrosos.

Como respuesta a situaciones de riesgo, Sercolpack cuenta con una brigada de emergencia cuya organización se muestra en la Figura 3.7:

Figura 3.7 Organización de la brigada de emergencia



Cada brigada está conformada por una persona en cada planta y uno en áreas administrativas que ha recibido capacitaciones especializadas como que hacer para controlar la emergencia presentada, atender a las personas afectadas y evacuar las instalaciones, entre otros.

Sercolpack cuenta con el apoyo de organismos gubernamentales como Bomberos, Policía, Defensa Civil, Cruz Roja, servicio de Ambulancia, entre otros. Los números telefónicos de estas entidades están publicados y divulgados dentro del personal de la empresa.

El llamado a los grupos de apoyo externo depende de la decisión que tome el coordinador de la emergencia según la evaluación que se haya hecho de la magnitud de la misma y la información suministrada por los brigadistas.

El control de fugas y derrames se realiza de acuerdo a los lineamientos del programa de atención de derrames del plan de manejo, establecidos en el plan de contingencia. En aquel se dan directrices sobre responsabilidades, funciones y medidas de control ante derrames en seco o en presencia de agua, y actuación en caso de inundaciones.

Para situaciones asociadas a incendios, el enfoque es de carácter preventivo y se estableció que los brigadistas y todo el personal en su trabajo diario, identifiquen y eliminen los factores de riesgo que provocan un incendio.

A pesar de las acciones preventivas, se tienen planificadas medidas correctivas en caso de incendio que en el momento de presentarse fuego en las instalaciones, la

persona que se encuentre cerca al extintor lo cogerá, lo probará e intentará apagar el incendio en la medida de las posibilidades; en caso de no poder disminuir o apagar el fuego se le indicará a los brigadistas de evacuación y al coordinador de emergencia que continúen con el plan de evacuación.

Como recursos establecidos en el Plan se tienen los siguientes:

Tabla 3.9 Recursos asignados para contención de emergencias

Instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pintura de poliuretano de alto tráfico en pisos y paredes ▪ Media cañas en parte inferior de muros ▪ Señalización y demarcación de áreas ▪ Vestieres y baños de personal operativo ▪ Dique de contención de derrames ▪ Almacén de material impregnado de agroquímicos ▪ Superficies libres de sifones ▪ Plantas de empaque aisladas de almacén
Sistemas de seguridad física	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de monitoreo de alarmas ▪ Sensores de movimiento ▪ Alarma de pánico
Sistemas de control ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de extracción de polvos y renovación de aire de las plantas de proceso. ▪ Sistema de exclusas de presión positiva que evita la salida y entrada de contaminantes a las plantas de empaque. ▪ Hidrociclón y filtros de partículas.
Sistemas de seguridad industrial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extintores de incendios ABC de polvo químico seco. ▪ Camilla de emergencia ▪ Botiquín de primeros auxilios ▪ Camilla de emergencia ▪ Detectores de humo ▪ Electos de protección personal. ▪ Alarma de evacuación ▪ Ducha de emergencia y lavaojos.

Así mismo, cuenta con el apoyo de organismos de atención externa para la atención de emergencias. A continuación se presentan los números de contacto y la ubicación de las instituciones.

Tabla 3.10 Instituciones de apoyo externo

ORGANISMO	TELÉFONO	DIRECCIÓN
Policía	112 / 3 754 382	Estación de Policía de Puente Aranda Carrera 34 N° 3 B 70 Veraguas
Bomberos	119 / 3 602 845	Estación Central Calle 11 N° 20 A 10
Ambulancias Secretaría de Salud Cruz Roja	125 132	
Defensa Civil	144 / 2 019 120	Defensa Civil Barrio Ricaurte Carrera 28 N° 10-40
CISPROQUIM	01 8000 91 60 12	
Clínica Mederic	2 68 03 98 / 5 60 05 20	Calle 24 N° 29-61
ARP Suratep Linea Salvavidas	4055900 4055911	Av. El Dorado N° 68B-85 Piso 7
Telesentinel Ltda.	2 88 87 88	Carrera 7 N° 32-29 Piso 32

Estos números de emergencia están publicados y divulgados en las oficinas y áreas de proceso de la empresa. El llamado a estas entidades se define según el tipo y la magnitud de la emergencia y de acuerdo al criterio del coordinador.

La gerencia general destina los recursos financieros necesarios para la planeación y ejecución del plan de contingencia de Sercolpack, incluye presupuesto para:

- Compra, instalación y mantenimiento de sistemas de seguridad física
- Compra, instalación y mantenimiento de sistemas de seguridad industrial
- Compra, instalación y mantenimiento de equipos de control ambiental
- Aseo y mantenimiento de instalaciones.
- Capacitaciones y entrenamiento de colaboradores.

3.2.4 Medidas de entrega al transportador

Como se mencionó en la sección 3.2.2 Manejo interno de los respel, se entrega al movilizador, una vez llega el vehículo de recolección de residuos contratado por el cliente, Sercolpack aplica un formato de verificación de cumplimiento del Decreto 1609 de 2002 (Formato PR-22-4).

3.3 COMPONENTE III. Manejo externo ambientalmente adecuado

Se garantiza que las actividades de manejo externo de los residuos generados por Sercolpack se realizan con empresas e instalaciones que cuenten con las licencias, permisos, autorizaciones y demás instrumentos de control y manejo ambiental a que haya lugar, de conformidad con las normas vigentes.

3.3.1 Objetivos y metas

Objetivos	Metas
Mejorar las condiciones de almacenamiento de los RESPEL	Adecuar el cuarto de almacenamiento con zonas dispuestas para los residuos por los principales clientes
Verificar que los gestores de residuos cumplan con la normativa vigente relacionada con salud ocupacional y seguridad industrial	Implementar un mecanismo que permita la verificación del cumplimiento de la normativa aplicable en materia SISO para los gestores externos

3.3.2 Identificación y descripción de los procedimientos de manejo externo de los residuos fuera de la instalación generadora.

A continuación se presentan para los residuos generados por (ver Tabla 3.10):

- Clasificación y descripción del residuo (corriente Y, corriente A)
- Cantidad
- Tipo de proceso o actividad a la que será sometido el residuo
- Nombre o razón social del receptor
- Empresa transportadora

Tabla 3.11 Gestión externa de residuos peligrosos

RESIDUO	Clasificación	Cantidad	Tratamiento	Gestor externo
Materiales impregnados con agroquímicos	Y4		Incineración	REII S.A.
Etiquetas adhesivas	Y13 ¹²		Incineración	REII S.A.

¹² Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos

RESIDUO	Clasificación	Cantidad	Tratamiento	Gestor externo
retiradas				
Lonas y bultos impregnados de agroquímicos.	A4030 ¹³		Incineración	REII S.A.
Lámparas fluorescentes	A1030 ¹⁴		Aprovechamiento	Por definir
Cartuchos de impresora	A4070 ¹⁵		Aprovechamiento	Por definir

En cuanto a las cantidades son las presentadas en la Tabla 3.7

La alternativa de tratamiento de los residuos hasta ahora manejada por la empresa es la incineración y está a cargo de una empresa llamada REII S.A.

REII S.A. (RECICLAJE EXCEDENTES E INCINERACIONES INDUSTRIALES), es una empresa de servicios y presta los siguientes bajo la licencia ambiental 1323 de 2002 CAR la cual se encuentra vigente para los procesos de: recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento (incineración) y disposición final en celda de seguridad. En la recolección se deja una orden de servicio, el transporte cumple con el Decreto 1609 de 2002. Para el tratamiento cuenta con 3 hornos incineradores con una capacidad día de 8 toneladas, un sistema de control de emisiones y los residuos del proceso son llevados a celda de seguridad en un relleno de seguridad, ubicado también en jurisdicción CAR.

¹³ Desechos resultantes de la producción, preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados, en desuso o no aptos para el uso previsto originalmente.

¹⁴ Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: Arsénico; compuestos de arsénico Mercurio; compuestos de mercurio Talio; compuestos de talio.

¹⁵ Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010)

3.4 COMPONENTE IV. Ejecución, seguimiento y evaluación

Teniendo en cuenta que la implementación del plan de gestión integral debe estar acompañada de una evaluación permanente, que permita verificar los avances en el cumplimiento de los objetivos y metas planteadas, así como detectar posibles oportunidades de mejora, o amenazas de irregularidades o desviaciones, con el fin de hacer los ajustes pertinentes, las actividades previstas que permitan dicha verificación se muestran a continuación:

3.4.1 Personal responsable de la coordinación y operación

Sercolpack cuenta con un profesional responsable de la gestión ambiental cuya competencia se encuentra definida en la sección de competencia del Sistema de Gestión de Calidad como ingeniero con conocimientos en sistemas de gestión, experiencia de dos años y conocimientos en normativa ambiental y SISO.

3.4.2 Capacitación

En concordancia con la implementación del plan de gestión integral y el programa de capacitación de Sercolpack, a continuación se señalan los temas seleccionados dentro de dicho programa:

Tabla 3.12 Programa capacitaciones gestión integral respel

Tema	Objetivo
Identificación de residuos peligrosos generados durante las operaciones de la planta	<ul style="list-style-type: none">• Conocer las características de sustancias con características peligrosas empleadas en el proceso.• Definir los residuos peligrosos generados por actividad• Conocer las herramientas que permiten clasificar una sustancia y su posterior residuo como peligroso.• Determinar los residuos peligrosos generados en condiciones normales de operación y en situaciones anormales
Generalidades sobre prevención y minimización de la generación de RESPEL	<ul style="list-style-type: none">• Conocer las prácticas que disminuyen la generación de residuos peligrosos.

Tema	Objetivo
Manejo seguro y responsable de los RESPEL que se generan en la instalación	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las actividades de manejo seguro de los residuos peligrosos generados en la empresa. • Uso de elementos de protección personal para la manipulación de respel.
Planes y procedimientos de emergencia y contingencia	<ul style="list-style-type: none"> • Presentar las acciones a tomar en caso de presentarse un accidente con residuos peligrosos • Conocer las acciones a tomar posteriores a la atención del accidente con residuos peligrosos
Riesgos asociados a los residuos peligrosos que se manejan dentro de la instalación	<ul style="list-style-type: none"> • Presentar los efectos a la salud y al ambiente por una incorrecta manipulación de los residuos peligrosos
Bases legales sobre gestión y manejo de RESPEL	<ul style="list-style-type: none"> • Presentar los requisitos legales aplicables a la gestión de los residuos peligrosos generados en la empresa

3.4.3 Seguimiento y evaluación

Con el fin de implementar un proceso de seguimiento y evaluación y verificar que la información y los avances en el cumplimiento de los objetivos y metas del plan de gestión integral de forma coordinada con el sistema de gestión de calidad, a continuación se presentan los mecanismos propuestos:

Tabla 3.13 Indicadores de evaluación

Indicador	Formula	Unidad
Cantidad total	Cantidad de residuos peligrosos generados al mes	Kilogramos
Cantidad relativa	Cantidad de RESPEL producida por unidad de producto.	Kilogramos
Generación	Residuos peligrosos generados por tonelada de producto empacado	Porcentaje
Cumplimiento	Relación entre las actividades de	Porcentaje

Indicador	Formula	Unidad
	capacitación ejecutadas y las actividades de capacitación programadas	

3.4.4 Cronograma de actividades

Para la implementación del plan de gestión integral de residuos peligrosos es necesario complementar el programa de capacitaciones y ajustar los procedimientos del Sistema de gestión de calidad asociados al manejo de residuos por lo que a continuación se presenta el cronograma propuesto:

Tabla 3.14 Cronograma de ejecución

ACTIVIDADES	MES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cuantificar los residuos peligrosos administrativos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Diseñar el rótulo de identificación de respel incluyendo pictograma	■											
Implementar el rótulo de identificación de respel incluyendo el pictograma		■										
Desarrollar capacitaciones del programa de gestión de respel		■		■		■		■		■		■
Determinar las necesidades de adecuación del cuarto de almacenamiento de acuerdo con los residuos generados	■	■										
Adecuar el cuarto de almacenamiento			■	■								
Ajustar el procedimiento de entrega de respel a transportadores	■											
Incluir el procedimiento de seguimiento a la	■											

ACTIVIDADES	MES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
gestión de los respaldos por los clientes												
Socializar con los clientes el plan de gestión incluidos los procedimientos de seguimiento												
Solicitar acceso a la web para registro de generadores												
Realizar seguimiento a los indicadores												
Actualizar el plan de gestión												

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se encontró que la empresa cuenta con un sistema establecido de manejo de residuos establecido en el Plan de Manejo Ambiental, de dicho plan es de resaltar:

- Existe una identificación de los puntos de generación de residuos a nivel de plantas y se ha cuantificado de forma general la cantidad de residuos generados en un periodo de tiempo.
- Se cuenta con un cuarto de almacenamiento de residuos separado de otras áreas y se controla el flujo de dichos residuos.
- Se cuenta con fichas de seguridad de los materiales a empacar y de acuerdo a las características de peligrosidad se emplean los elementos de protección personal.

Pese a los anteriores, es necesario realizar ajustes para dar cumplimiento a los requisitos del Decreto 4741 de 2005 los cuales se describen a continuación:

- La Empresa no cuantifica de forma directa los residuos generados por su operación tales como, elementos de protección personal y materiales impregnados.
- No existen registros de cuantificación de los residuos administrativos tales como lámparas fluorescentes y cartuchos de impresora.
- La forma como se almacenan los residuos en el cuarto de almacenamiento no permite identificar fácilmente los residuos de cada cliente ya que se almacenan a granel de acuerdo con la producción realizada.
- No se emplean pictogramas de las Naciones Unidas para identificar los residuos peligrosos generados.

5. RECOMENDACIONES

- Se debe implementar un mecanismo que permita a Sercolpack verificar la gestión de los residuos devueltos a sus clientes para su respectiva gestión, esto debido a que Sercolpack participa en la cadena de responsabilidad de los mismos.
- Se deben incluir los pictogramas de peligrosidad de las Naciones Unidas dentro de la identificación de los respel generados en las plantas. El pictograma recomendado de acuerdo con las características de peligrosidad de las fichas de seguridad es el de tóxico.
- Se debe diseñar e implementar un formato que permita diferenciar los egresos de los residuos generados por las actividades propias de Sercolpack de las de sus clientes a fin de formalizar la cuantificación de residuos propios (incluidos los de origen administrativo).
- Es necesario adecuar el cuarto de almacenamiento de tal forma que permita la separación de residuos por cliente y los de origen propio.
- Para la devolución de los residuos de los clientes generados en el proceso a través del formato de verificación de cumplimiento del Decreto 1609 de 2002 se debe definir que acciones tomar en caso de que se encuentre alguna irregularidad, a fin de informar a los clientes o si es el caso no entregar los residuos
- Incluir dentro del programa de capacitaciones a la brigada de emergencias establecida en el Plan de Contingencia temas relacionados con manejo de residuos peligrosos y efectos a la salud y el ambiente de los mismos.
- Determinado que Sercolpack es un pequeño generador, una vez se tenga implementado el plan de gestión integral de residuos peligrosos se debe solicitar a la Autoridad Ambiental el acceso al portal determinado por el IDEAM para el registro de generadores.

6. ANEXOS

- Anexo 1 Ecomapas
- Anexo 2 Fichas de seguridad

BIBLIOGRAFÍA

RESCOL: LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS A CARGO DE GENERADORES. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Política Ambiental para la Gestión Integral de residuos o desechos peligrosos. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

Decreto 4741 de 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"

Plan de manejo ambiental. Sercolpack Ltda. PMA-01. Versión 01

Estudio de impacto ambiental. Sercolpack Ltda.

Plan de contingencia. Sercolpack Ltda. PMA-01. Versión 01

Referencias electrónicas:

Agroquímicos. Dirección Nacional de Planeación. [en línea]. Consultado el 9 de febrero de 2008. Disponible en:

http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DDE_Desarrollo_Emp_Industria/agroquimicos.pdf

Consultado el 16 de julio de 2008

<http://www.epa.gov/opp00001/safety/spanish/healthcare/handbook/Spch17.pdf>

<http://wzar.unizar.es/stc/toxicologianet/pages/x/x21/01.htm>

Formato ISOCARDENAS, Omayda, SILVA, Elizabeth, MORALES, Ligia *et al.* Estudio epidemiológico de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en siete departamentos colombianos, 1998-2001. *Biomédica*, jun. 2005, vol.25, no.2, p.170-180. ISSN 0120-4157.

Formato Documento Electrónico (ISO) CARDENAS, Omayda, SILVA, Elizabeth, MORALES, Ligia *et al.* Estudio epidemiológico de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en siete departamentos colombianos, 1998-2001. *Biomédica*. [online]. jun. 2005, vol.25, no.2 [citado 25 Marzo 2008], p.170-180. Disponible en la World Wide Web:
<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572005000200003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0120-4157.