

GESTIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

Jorge Loayza P., Marina Silva M.

Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Resumen

La necesidad de combatir las plagas que afectan a las cosechas y a los animales, ha permitido el desarrollo de los plaguicidas químicos. Los residuos de plaguicidas pueden ser adecuadamente gestionados si se tiene en cuenta su Ciclo de Vida. En el presente artículo se muestran sugerencias para la gestión integrada de este tipo de residuos.

Palabras clave: residuo, plaguicida, gestión y manejo de residuos, ciclo de vida

Abstract

The necessity to fight the plagues that affect to the harvests and the animals, has allowed the development of the chemical pesticides. The wastes of pesticides can suitably be managed if its Life Cycle considers. In the present article are suggestions for the integrated management of this type of wastes.

Keywords: waste, pesticide, management and handling of wastes, life cycle

I. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos para satisfacer nuestras necesidades básicas, entre ellas la alimentación, requerimos del suministro de alimentos de origen vegetal, los cuales deben ser compartidos con otros habitantes del planeta, no menos importantes que nosotros: los insectos. La población mundial de insectos nos supera largamente, pero solo una fracción de ellos, aproximadamente 500 especies de un total de cinco millones, se alimenta de nuestras cosechas. Estas especies poseen el potencial suficiente para causar daños de consideración. Se ha estimado que los insectos consumen el 30% de las cosechas⁶.

Pero, no debemos olvidar que algunos insectos, son causantes de enfermedades devastadoras (malaria, fiebre amarilla, peste bubónica y otras) que han causado más muertes que las guerras.

Con la finalidad de combatir estas plagas se han sintetizado y producido una serie de plaguicidas químicos (organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, etc.) de distinto nivel de toxicidad³.

II. LOS PLAGUICIDAS: ASPECTOS GENERALES

Un plaguicida es una sustancia, o una mezcla de ellas, destinada a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores transmisores de enfermedades humanas o de animales; así como a las especies no deseadas de plantas o animales que ocasionan daño duradero u otras que interfieren con la producción, el procesamiento, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de alimentos; así como, especies de animales que consumen productos agrícolas, madera y sus productos o forraje para animales. También incluyen a productos que puedan administrarse a los animales para el control de insectos, arácnidos (garrapatas) u otras plagas corporales.

La mayoría de plaguicidas son de origen químico sintético y, para su venta comercial, combinan "un ingrediente activo", que está destinado para combatir determinado tipo de plaga, con uno o varios ingredientes "inertes", que diluyen el producto tóxico o constituyen su excipiente².

III. CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas se clasifican de acuerdo a diversos criterios:

a) Según el organismo que interesa controlar

Tabla N° 1. Tipos según el organismo que interesa controlar

Tipo de plaguicida	Organismo que interesa controlar
Insecticida: Larvicida	Larvas de insectos
Formicida	Hormigas
Pulguicida	Pulgas
Piojicida	Piojos
Aficida	Pulgones
Acaricida: Garrapaticida	Garrapatas
Nematicida	Nemátodos
Molusquicida	Moluscos
Rodenticida	Roedores
Avicida: Columbicida	Aves (palomas)
Bacteriostático y Bactericida	Bacterias
Fungicida	Hongos
Herbicida	Plantas indeseadas

b) Según el grupo químico

- Carbamatos
- Compuestos organoclorados
- Compuestos organofosforados
- Piretroides y piretrinas
- Otros

c) Según la toxicidad aguda

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado - sujeta a actualizaciones periódicas - una clasificación de plaguicidas según el grado de peligrosidad.

Esta clasificación se basa en la dosis letal media (DL_{50}) aguda, por vía oral o dérmica en ratas.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) utiliza la clasificación, en la cual se tiene en cuenta la

DL_{50} para las vías oral, dérmica e inhalatoria, y los efectos oculares y dérmicos.

Ver tablas N° 2, 3 y 4

Tabla N° 2. Plaguicidas tóxicos por el grado de inhalación

Toxicidad	Concentración (mg/L aire)
Muy tóxico	< ó = 0,5
Tóxico	> 0,5 a 2
Poco tóxico	> 2 a 20

Fuente: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Pesticides Branch. Pesticides Safety Precautions Scheme. London, United Kingdom, Ministry of Agriculture, 1979.

IV. Gestión y manejo de residuos de plaguicidas (o gestión integral)

La gestión integral de residuos de plaguicidas implica analizar cada una de las etapas de su ciclo de vida, considerando desde el "diseño" del plaguicida (diseño del producto), el diseño del proceso, el diseño de la planta, el proceso productivo (elaboración), la formulación y envasado, el almacenamiento, el transporte, la distribución y la aplicación; así como, el manejo de los envases y embalajes, en las distintas etapas del ciclo de vida.



Figura N° 1. Organizaciones e instituciones que participan en la gestión de los residuos de plaguicidas

En las instalaciones industriales el primer paso es contar con un sistema de integral

Tabla N° 3. Tipos según su peligrosidad (recomendada por la Organización Mundial de la Salud-OMS)

Clase	Oral (mg/kg)		Dérmica (mg/kg)	
	Sólidos*	Líquidos*	Sólidos*	Líquidos*
Ia Extremadamente peligroso	5 ó menos	20 ó menos	10 ó menos	40 ó menos
Ib Altamente peligroso	May-50	20 – 200	10 – 100	40 – 400
II Moderadamente peligroso	50 - 500	200 – 2.000	100 – 1.000	400 – 4.000
III Ligeramente peligroso	Más de 500	Más de 2.000	Más de 1.000	Más de 4.000

* Estado físico del ingrediente o formulación que se clasifica.

Fuente: International Programme of Chemical Safety. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 1996-1997. Geneva: WHO/PCPS/96.3

Tabla N° 4. Plaguicidas tóxicos según la USEPA

Clase	LD ₅₀ para ratas			Efectos	
	Oral (mg/Kg)	Dérmica (mg/Kg)	Inhalación (mg/L)	Efectos oculares	Efectos dérmicos
I	50 o menos	200 o menos	0,2	Corrosivo; opacidad corneal no reversible dentro de 7 días	Corrosivo
II	50 – 500	200 – 2.000	0,2 - 2,0	Opacidad corneal reversible en 7 días. Irritación persistente durante 7 días	Irritación severa a las 72 horas
III	500 – 5.000	2000 – 20.000	2,0 - 20	Irritación reversible en 7 días. No opacidad corneal	Irritación moderada a las 72 horas
IV	5.000 y más	20.000 y más	20 y más	Sin irritación	Irritación leve a las 72 horas

Fuente: British Crop Protection Council. The Pesticide Manual. 10 Ed. Royal Society of Chemistry. 1994.

gestión ambiental (SIGA), que incida en la minimización de residuos con producción más limpia. En los almacenes dedicados a la distribución, se requiere también contar con un SIGA, que considere las propiedades del plaguicida y las condiciones más adecuadas para su almacenamiento temporal. Quizás el componente del ciclo de vida más difícil de controlar es el relacionado con los residuos de la aplicación en diversos cultivos y el manejo de los envases. Con respecto a la aplicación, es fundamental el papel de los fabricantes con relación a la capacitación de los usuarios y las recomendaciones sobre qué hacer con los envases y embalajes una vez consumido el producto.

A. Breve descripción de cada una de las etapas del Ciclo de Vida

1) Diseño del Plaguicida

Esta etapa se realiza a nivel de laboratorio y se basa en la investigación científica. Luego de haber encontrado el agente activo más adecuado, sintetizado en el laboratorio, se ensaya a nivel de laboratorio y en cultivos piloto infectados con la plaga que se requiere combatir. También en esta etapa se determina la toxicidad del producto, encontrando el valor de la DL₅₀ u otras, en especímenes de prueba.

2) Diseño del proceso

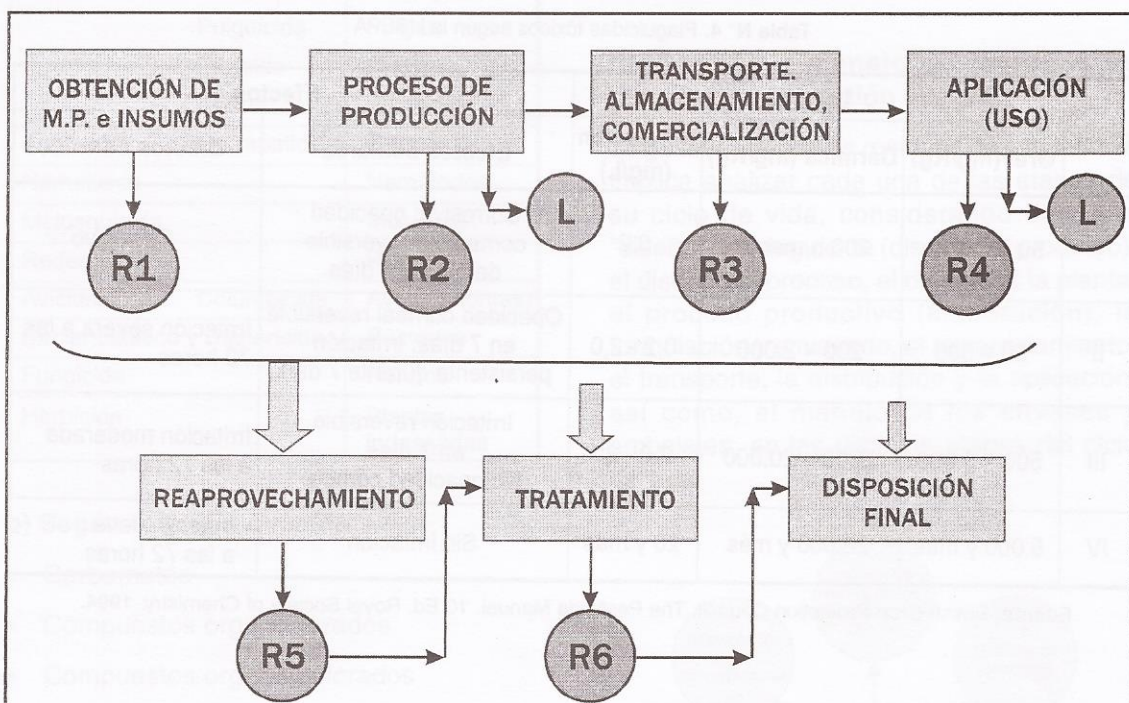
Luego que el plaguicida ha sido sintetizado en el laboratorio y ensayada la formulación; así como, su presentación más adecuada, se diseñan las etapas del proceso a nivel industrial.

3) Diseño de la planta

Cuando ya se tienen identificadas las etapas del proceso es necesario dimensionar y seleccionar los equipos (de acuerdo a sus condiciones de operación); así como, su distribución en planta.

4) Proceso productivo

En la etapa operativa hay que controlar el desarrollo del proceso, para que funcione de acuerdo al diseño realizado, y obtener el producto en el estado de agregación y en la presentación adecuada, no sólo para su transporte y distribución, sino también para su aplicación. Con la finalidad de enfrentar la gestión de residuos de plaguicidas, se ha separado la etapa de formulación, envasado (presentación) y empacado, que en realidad forman parte del proceso productivo.



Adaptado de Martínez J. y col. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. 2005

Donde:

- R1 = residuos de la obtención de las materias primas y los insumos
- R2 = Residuos del proceso de producción
- R3 = Residuos del transporte, almacenamiento y comercialización
- R4= Residuos del la aplicación o uso del plaguicida
- R5= Residuos del reaprovechamiento
- R6= Residuos del tratamiento para la disposición final
- L = Residuos de los laboratorios

Figura N° 2. Generación de residuos en el Ciclo de Vida de un plaguicida⁵

5) Formulación, envasado (presentación) y empacado

El producto adecuadamente formulado puede presentarse de acuerdo a los siguientes requerimientos:

- Estado de agregación del producto: en polvo.

Presentación (envasado en): bolsas (100g).

Empaque: en cajas (100 bolsas = 10kg).

- Estado de agregación: granulado.

Presentación (envasado en): bolsas (500g).

Empaque: en sacos (40 bolsas = 20kg).

- Estado de agregación: polvo prensado

Presentación: tabletas

Empaque: en cajas

- Estado de agregación: líquido

Presentación: frascos (1L, 500mL, 250mL)

Empaque: en cajas (12, 24, 48)

- Estado de agregación: líquido

Presentación-empaque (envasado en): por ejemplo, bidones (50L, 20L)

También se encuentran cilindros de 208L.

Es importante anotar que los envases, empaques y embalajes luego de albergar al producto se transformarán en residuos, con distintos niveles de peligrosidad, condicionada por la naturaleza del plaguicida y el contacto con el envase, empaque o embalaje.

6) Almacenamiento

Es importante tener en cuenta que en una planta industrial se tienen diferentes tipos de almacenamiento:

- almacenamiento de materia prima e insumos
- almacenamiento de productos en proceso

- almacenamiento de productos terminados

Un inadecuado almacenamiento puede originar residuos, ya sea por productos caducos, contaminados o siniestrados.

7) Transporte y distribución

El transporte de plaguicidas adecuadamente empacados se debe realizar en vehículos cerrados. Tomando como referencia la legislación peruana actual, deben ser tipo furgón (o contenedor).

8) Aplicación

Los residuos resultantes de la aplicación son los envases, pero también quedan excesos de plaguicidas no sólo sobre el suelo, el aire y los cuerpos de agua, sino también en los frutos, ya que muchos agricultores no tienen en cuenta el periodo de carencia o intervalo de seguridad, por tal motivo quedan residuos en los alimentos cosechados antes de la fecha indicada.

B. Procedimiento para el manejo de residuos de plaguicidas

Con la finalidad de diseñar un procedimiento para el manejo de residuos de plaguicidas, es importante tener en cuenta en que etapa del ciclo de vida se generan los residuos y que tipo.

El empleo masivo de plaguicidas químicos se acompaña de otro problema importante: cómo efectuar la disposición adecuada de los residuos de plaguicidas y recipientes.

Antes de seleccionar la mejor forma de atender esta situación es necesario precisar el tipo, cantidad y toxicidad de los desechos que se manejan.

Idealmente los plaguicidas se deberían usar para los fines que fueron elaborados pero, desafortunadamente, en la mayor parte de situaciones quedan remanentes o recipientes contaminados que hacen necesario pensar en la disposición correcta de los mismos.

Envases

La gran mayoría de plaguicidas se envasan en recipientes no retornables que se convierten en propiedad y, a la vez, en

responsabilidad del comprador. Algunos envases son muy atractivos, y pueden representar un gran peligro si son mal utilizados. Cuando estos recipientes se emplean para almacenar agua, alimentos o como utensilios de cocina, surgen brotes de intoxicación que podrían haberse evitado.

A nivel nacional se cuenta actualmente con la *Asociación Campo Limpio* con la finalidad de proporcionar un sistema adecuado de recojo y eliminación de envases vacíos de agroquímicos.

a. Tipos de envases

Todos los envases de plaguicidas (agroquímicos) destinados a su eliminación, ya sea para ser reciclados, usados como combustibles alternativos o llevados a rellenos sanitarios autorizados, necesitan ser limpiados previamente, a través de una práctica de campo, denominada «Triple lavado». Los envases vacíos de agroquímicos, se pueden dividir en dos grupos:

• Envases lavables

Los envases lavables, son todos los envases rígidos, ya sean de plástico, metal o vidrio, que pueden ser limpiados perfectamente antes de ser eliminados, ya sea directamente, con dispositivos especiales integrados en los equipos de aspersión o a través de la práctica del triple lavado (o triple enjuague). Los envases una vez lavados, deben ser inutilizados, perforándolos, preferentemente en la parte inferior.

Las alternativas de eliminación pueden ser:

- * incineración en hornos de plantas de cemento como combustibles alternativos,
- * reciclado a productos que no están en contacto directo con los seres humanos (postes, tarimas, tubos para cables eléctricos, tuberías para desagües, etc.),
- * incineración en tambores de 200 litros (adecuados y autorizados), o incineración en hornos especiales.

• Envases no lavables

Los envases no lavables, son aquellos envases difíciles o imposibles de limpiar, por ejemplo las bolsas de polietileno, las bolsas metalizadas o de papel y las cajas de cartón.

El hecho, de que estos materiales generalmente son utilizados para productos de baja toxicidad y que muchas veces ni siquiera entran en contacto con el producto, hace que su eliminación sea relativamente fácil. En caso de papel y cartón, se puede perfectamente utilizar el reciclado.

Para las bolsas, ya sean de plástico o metalizadas, se recomienda su incineración en un sistema adecuado.

b. El triple lavado

El «**Triple Lavado**», consiste en lavar inmediatamente después de vaciar el envase de agroquímico con 3 enjuagues consecutivos (con agua equivalente a un cuarto de la capacidad del envase), durante 30 s.

Lo importante de este procedimiento es que el agua de enjuague se agrega directamente al caldo de aspersión, con lo cual se obtiene el 100% de aprovechamiento del producto y se evita la contaminación posterior, ya sea del suelo, del agua o de cualquier lugar que podría representar un peligro de contaminación para el hombre, los animales y el medio ambiente.

Los equipos grandes de aspersión, vienen provistos de un sistema de enjuague integrado.

Residuos de plaguicidas

La eliminación de los plaguicidas sobrantes presenta problemas aún mayores. Se pueden evitar excedentes de plaguicidas al comprar y utilizar paquetes del tamaño óptimo para una operación de control de plagas en particular y mezclando justamente la cantidad requerida para esa aplicación.

Grandes cantidades de plaguicidas no utilizados se pueden acumular durante

muchos años por mala planificación, entregas tardías, administración deficiente del almacén, etc.; en este caso, su disposición inadecuada puede crear problemas con las autoridades ambientales competentes.

Las opciones más importantes que se ofrecen para la disposición de los residuos de plaguicidas (bajo asesoría y supervisión técnica calificada), son:

1. **CONSIDERAR** si el plaguicida puede utilizarse para otro de sus usos recomendados.
2. **DEVOLVERLOS AL PROVEEDOR O CASA PRODUCTORA:** Esta solución es aplicable a todos los tipos de plaguicidas sin discriminación de cantidades.
3. **BIODEGRADACIÓN EN EL SUELO:** Algunos plaguicidas son biodegradables a través de la acción de microorganismos y procesos fisicoquímicos naturales. Se da en condiciones aerobias o anaerobias.
4. **TRATAMIENTO QUÍMICO:** Se transforma el plaguicida a una sustancia menos tóxica, para luego darle una disposición más segura. El tratamiento con álcalis como el óxido de calcio o hidróxido de sodio, es recomendado para pequeñas cantidades de plaguicidas.
5. **INCINERACIÓN:** Es muy útil para grandes cantidades de plaguicidas. Un incinerador de alta temperatura debe tener en la llama de 900 a 1200°C, garantizar un tiempo de retención de mínimo 10 segundos y un sistema de control de la contaminación. La quema abierta de plaguicidas no es recomendada, pues la temperatura alcanza (500 a 700°C), no es suficiente para la destrucción de estas sustancias y pueden producirse sustancias aún más tóxicas.
6. **RELLENO DE SEGURIDAD:** Infraestructura para la disposición final controlada de residuos de plaguicidas, que cuenta con todas las medidas necesarias para evitar la contaminación de los mantos freáticos. En muchos casos hay que preparar los plaguicidas

obsoletos antes de realizar la disposición final. Los métodos consisten fundamentalmente en estabilizar el plaguicida

La Tabla N° 5 resume los métodos para el tratamiento y la disposición final de residuos de algunos plaguicidas^{2, 5}.

Derrames

Cualquier derrame de un concentrado se considera una emergencia, y el operador-generador deberá estar capacitado para enfrentarlo.

El riesgo de derrames de concentrados a partir de recipientes defectuosos, perforados o rotos aumenta con el transporte y almacenamiento prolongados e inadecuados. No importa cuán bueno sea un empaque, siempre existe la posibilidad de que el recipiente o envase sufra daños durante su manejo o embarque. Los derrames pueden ser peligrosos para el personal de transporte o bodegas, así como para los que participan en las labores de descontaminación. Todo derrame debe atenderse inmediatamente cubriéndolo con material absorbente y desechable (como aserrín o arcillas granuladas) y la superficie debe ser lavada con agua y detergente, utilizando equipo de protección personal para evitar la contaminación de quien lo hace.

El material absorbente contaminado debe disponerse adecuadamente (en rellenos de seguridad) lejos de cualquier fuente de abastecimiento de agua, de tal forma que en el futuro no represente ningún riesgo a los seres humanos².

V. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN EL LABORATORIO

El **Plan de Manejo de residuos de plaguicidas en el laboratorio**, es un documento técnico operativo, elaborado con la finalidad de lograr una gestión ambientalmente adecuada de los residuos generados en los laboratorios de análisis de plaguicidas de una institución (u organización).

Etapas básicas para la elaboración de un Plan de Manejo:

Tabla N° 5. Algunas formas para el tratamiento y disposición final de residuos de plaguicidas

PLAGUICIDA	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS
Aldicarb Carbofurán Paratión	Biodegradación aerobia
Endrin Glifosato	Biodegradación anaerobia
Maneb Carbaril Carbofurán Fenitrotión Kepone	Alcalinización con óxido de calcio o hidróxido de sodio
Metamidofos	Acidificación con ácido clorhídrico
Clorpirifos	Oxidación con hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio
Paraquat	Incineración a: 592 – 613 °C
DDT	500 – 850 °C
Malation	650 – 715 °C
Carbaril	678 – 724 °C
Zineb	690 – 840 °C
Clorinados	900 – 1100 °C
Aldrín Cipermetrina	Almacenamiento diferenciado, preparación y disposición en relleno de seguridad.

Fuente: Smith J.E. and Helmick, J. Guidelines for treatment and disposal of small quantities of pesticide. Pan American Health Organization. Washington, 1991.

1. Realizar un inventario de los residuos de plaguicidas generados en los laboratorios con los que cuenta la institución, indicando la frecuencia de generación y la cantidad generada (calculada o estimada).
2. Identificar las áreas críticas; es decir, aquellos lugares en los cuales se pueden generar situaciones potencialmente peligrosas.
3. Revisar todos los métodos de análisis (en los laboratorios que prestan servicios de análisis químicos-laboratorios de servicios) e identificar aquellas etapas que generan residuos. Se pueden utilizar diagramas de bloques para las marchas analíticas, detallando los pasos que generan residuos; así como sus formas de gestión y manejo ("diagramas ecológicos").
4. Revisar el estado de los materiales y equipos.
5. Elaborar un Plan de Manejo Preliminar (PMP), como resultado de la revisión y evaluación de procesos, procedimientos, materiales y equipos; incluyendo recomendaciones, tales como:
 - Preparar la cantidad mínima de los reactivos.
 - Utilizar etiquetas para rotular los envases y recipientes para el almacenamiento de reactivos.
 - Utilizar el mismo código para los reactivos dentro de una misma institución, con la finalidad de ubicar, centralizar o intercambiar reactivos (esto facilitará el intercambio de residuos en la Bolsa de Residuos Químicos BRQ).

Tabla N° 6. Recipientes sugeridos para el almacenamiento de residuos

LETRA	TIPO DE RESIDUO
A	Solventes orgánicos y soluciones de sustancias orgánicas que no contengan halógenos
B	Solventes orgánicos y soluciones de sustancias orgánicas que contienen halógenos
C	Residuos sólidos orgánicos de productos químicos de laboratorio.
D	Soluciones salinas (hay que ajustar el pH entre 6-8)
E	Residuos inorgánicos tóxicos, así como sales de metales pesados y sus soluciones (cerrado herméticamente).
F	Compuestos combustibles tóxicos.
G	Mercurio y residuos de sales inorgánicas de mercurio.
H	Residuos de sales metálicas regenerables (cada metal debería recogerse por separado).
I	Residuos inorgánicos sólidos.
K	Almacenamiento separado de restos de vidrio, metal o plástico.

- Efectuar la reutilización de envases para reactivos con similares características (algunas empresas que comercializan reactivos químicos, las tapas de los recipientes indican su nivel de peligrosidad; así como las etiquetas).
 - Separar los materiales deteriorados con la finalidad de recuperar aquellos que sea posible reparar (por ejemplo, separar materiales de vidrio deteriorados).
 - Designar un lugar para el almacenamiento de los residuos, utilizando los recipientes colectores adecuados y rotulados: A, B, C, ..., K (o un sistema similar)¹.
 - En el caso de que no sea posible evitar la generación de residuos, buscar la forma de reaprovecharlos (reusarlos, reciclarlos o recuperar algún compuesto o elemento valioso del mismo). Si no fuera posible su valorización, usar técnicas de desactivación, para su disposición final ambientalmente adecuada. En este caso se pueden emplear reactivos residuales (por ejemplo, soluciones ácidas o alcalinas sobrantes o preparadas en exceso).
6. Explicar claramente al personal los objetivos del plan y las metas que se esperan alcanzar; esta etapa requiere la capacitación del personal: analistas y asistentes.
 7. Poner en práctica el Plan de Manejo Preliminar (PMP), con la finalidad de validar las propuestas iniciales.
 8. Evaluar el plan de manejo preliminar y plantear las mejoras necesarias, las cuales luego de ser validadas formarán parte del **Plan de Manejo de Residuos de Plaguicidas en Laboratorio** de la institución (u organización) o Plan de manejo Definitivo (PMD).
 9. Hacer el seguimiento del Plan, en esta etapa se sugiere trabajar con indicadores; por ejemplo, cantidad de residuos generados por ensayo, cantidad de agua residual por ensayo, etc.
 10. Efectuar auditorias internas, por los responsables de cada área de trabajo, para realizar las correcciones oportunas al Plan.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bernabei D. Lautenschlaegen L., Seguridad. Manual para el Laboratorio. Segunda Edición. Editado por Merck. Darmstadt.1998. Página 185.
2. CEPIS OPS-OMS, Curso de Autoinstrucción en el diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas.
<http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial2/e/unidad9/index.html>

3. Loayza Jorge, Boletín Electrónico Informativo sobre Productos y Residuos Químicos N° 5 (2005), 14 (2006), 17 (2006), 18 (2006), 19 (2006), 20 (2006), 21 (2007), 22 (2007) y 23 (2007).

www.unmsm.edu.pe/quimica/

4. Martínez Javier y colaboradores. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos. Tomo I. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo. 2005.

5. Smith J.E. and Helmick, J. Guidelines for treatment and disposal of small quantities of pesticide. Pan American Health Organization. Washington, 1991.

6. Spiro T., Stigliani W., Química medioambiental. Segunda Edición. Pearson. Prentice Hall. Person Educación S.A. Madrid. 2004.