

Identificación de alternativas para la disposición final de los envases de plaguicidas de uso agrícola

Viviana María Valencia Ospina

María Paulina Ramírez Escobar

Laura Catalina Jaramillo Ramírez

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de ingenierías

Especialización en Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos

Caldas (Antioquia)

2014

Contenido

Introducción	7
Justificación	9
Planteamiento del problema.....	15
Características de las regiones de Antioquia.....	19
Objetivos	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos.....	23
Marco legal	24
Normatividad internacional.....	24
Normatividad nacional	26
Marco teórico	29
Efectos en la salud por exposición a plaguicidas	31
Toxicidad Aguda	31
Toxicidad Crónica (alta y baja)	32
Clasificación de plaguicidas.....	33
Estructura química.....	34
Impacto ambiental	40
Persistencia y ecotoxicidad.....	41
Manejo de plaguicidas y envases a nivel mundial	49
Manejo de plaguicidas a nivel nacional	60
Descentralización: entes regionales.....	65
Campo Limpio.....	66
Inactivación y degradación de plaguicidas.....	77
Técnicas alternativas para la eliminación de plaguicidas en el medio ambiente	78
Tratamientos y/o técnicas de eliminación	78
Tratamientos más usados en Colombia	87
Plan de manejo de los envases de plaguicidas	89
Envases	89
Valor intrínseco de los envases	92
Reutilización de envases de uso único	93

Plan de gestión de devolución de productos post-consumo de plaguicidas	93
Acciones recomendada para el manejo de los envases de plaguicidas	94
Evitar / Reducir.....	95
Reutilizar	95
Reciclaje	96
Recuperación de recursos	96
Destrucción.....	96
Enterramiento	96
Análisis final	97
Bibliografía	99

Lista de figuras

Figura 1. Destino final de los envases o empaques de los plaguicidas.....	21
Figura 2. Estructura básica Organofosforados.....	36
Figura 3. Estructura del DDT, Organoclorado.....	37
Figura 4. Estructura del lindano, Organoclorado alicíclico.	37
Figura 5. Estructura del Endosulfan. Organoclorados ciclodiénicos.....	38
Figura 6. Toxafeno, organoclorado terpénico.....	38
Figura 7. Estructura básica de los Carbamatos.	39
Figura 8. Estructura básica Piretrina.....	40
Figura 9. La jerarquía en el manejo de residuos	95

Lista de imágenes

Imagen 1. Ejemplos triple lavado	68
Imagen 2. Compactación de envases	71
Imagen 3. Pila de bidones de 200 litros aplastados.	72
Imagen 4. Triturador móvil.....	73
Imagen 5. Plástico triturado	73

Lista de tablas

Tabla 1. Producción y venta de plaguicidas de uso agrícola en Colombia.....	11
Tabla 2. Granjas experimentales.....	12
Tabla 3. Municipios productores agropecuarios en Antioquia	16
Tabla 4. Plaguicidas más usados en Antioquia, persistencia y degradabilidad.	18
Tabla 5. Clasificación según su peligrosidad y toxicidad.....	33
Tabla 6. Clasificación según su peligrosidad y toxicidad en Colombia (Ejemplos)	34
Tabla 7. Clasificación de los plaguicidas, según la familia química	34
Tabla 8. Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad.....	42
Tabla 9. Compartimientos y efectos evaluados por los indicadores.	45
Tabla 10. Clasificación de riesgo ambiental de los plaguicidas desarrollados según la metodología de la Universidad de Milán.	47
Tabla 11. Desempeño de los planes de manejo de envases en el mundo	59
Tabla 12. Materiales utilizados en los envases	75
Tabla 13. Ventadas y desventajas, relativas a la incineración.	82

Introducción

Los plaguicidas constituyen una herramienta para el sector de la agricultura convencional, ya que su uso se asocia a la producción de alimentos y a la conservación de materias primas; adicionalmente ocupan un renglón importante dentro de la generación de empleo, a través de la industria química. Infortunadamente, su uso indiscriminado se reporta con gran impacto para el ambiente, y sus materiales de embalaje requieren de protocolos y estrategias de disposición adecuada; pero sus componentes tóxicos y peligrosos, hacen difícil su disposición final.

La problemática asociada a los envases de plaguicidas, radica principalmente, en que no se aborda de una manera integral desde su origen hasta la disposición final ambientalmente adecuada; los esfuerzos, alternativas y las medidas que se adopten únicamente pensando solo en la disposición final, siendo el campesino como último responsable en la cadena de gestión, es donde se desencadenan las situaciones ambientales negativas por el gran problema que representa este tipo de residuo.

A través de esta monografía se busca encontrar referenciar, alternativas amigables con el medio ambiente, para la disposición adecuada de los empaques, envases y embalajes de los plaguicidas, utilizados en diferentes cultivos, del Departamento de Antioquia; con el objetivo de crear un instrumento de consulta para campesinos y productores, acerca del manejo adecuado y la manipulación de estos residuos, con opciones claras, definidas y concretas sobre la disposición final, para minimizar riesgos sobre la salud humana y los ecosistemas.

Se presentará una reseña general de los plaguicidas de mayor uso en el Departamento de Antioquia y los principales municipios del oriente, cuya vocación agrícola sea la producción de hortalizas; adicionalmente, se presentará la problemática asociada al uso y manejo de los

plaguicidas; para relacionarlos con los impactos sobre el agua, el aire, el suelo, los alimentos y la salud de las personas. Lo anterior, se estructura con base en la regulación Colombiana.

Justificación

Los plaguicidas son uno de los mayores contaminantes de origen antrópico en los ambientes naturales, los cuales se aplican frecuentemente en la actividad agrícola. En Colombia se usan anualmente más de 24 millones de kg de plaguicidas. De acuerdo a los reportes del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en el 2010 Colombia produjo 24603 423 kg y 25 159 093 L de plaguicidas, siendo los fungicidas, herbicidas e insecticidas los más producidos y vendidos a nivel nacional, como puede observarse en la tabla 1 (Instituto Colombiano Agropecuario, 2010), cifra que ubica a nuestro país como el tercer consumidor en Latinoamérica después de países como Brasil y México (Dominguez, Peñuela , & Flórez, 2009). En Antioquia, el cultivo de flores, café, fríjol, papa, maíz, tomate y hortalizas, así como de pasto en la actividad ganadera, requiere la aplicación de plaguicidas organofosforados, carbamatos, piretroides entre otros, los cuales pueden constituir un gran problema ambiental, dado que pueden transportarse hasta los ecosistemas acuáticos, distribuirse entre los diferentes compartimientos y representar un riesgo potencial para la biota y la salud humana (Martinez, 2009).

La industria de agroquímicos para operar en Colombia, debe reportar los datos sobre importaciones, producción nacional, ventas y exportaciones a diferentes organismos gubernamentales como el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacional (DIAN).

Los reportes del ICA muestran en forma integral los datos por grupos de productos: insecticidas (incluyendo acaricidas, molusquicidas, nematocidas, desinfectantes del suelo y

fumigantes), piretroides (como grupo destacado de los insecticidas), fungicidas, herbicidas (con defoliantes y protectores de semilla), feromonas, coadyuvantes y reguladores fisiológicos.

Otra forma de reportar la información es por tipo de plaguicida y grupo químico: fungicidas (compuestos inorgánicos, ditiocarbamatos, benzimidazoles, triazoles y diazoles; las diazinas y morfolinas, y otros); herbicidas (triazinas, amidas, carbamatos, dinitroanilinas, derivados de la urea, sulfonilúreas, bipirilidos, hormonales del grupo fenoxi y otros) e insecticidas (hidrocarburos clorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, así como aceites minerales y rodenticidas).

En Colombia, según el Instituto Colombiano Agropecuario –ICA (citado por Cámara...ANDI, 2004), son genéricos algo más de 78 % de los productos para la protección de cultivos. Los agricultores tienen hasta 50 opciones para escoger entre plaguicidas genéricos. Existen 1251 productos registrados; de éstos, 977 (78,1 %) son genéricos, y 274 innovadores (2,9 %); existen entre 5 y 40 opciones de elección al comprar cualquiera de los plaguicidas genéricos; cuando en el mundo existen 35.000 productos comerciales diferentes para controlar insectos, malezas, hongos, bacterias y nematodos, Colombia tiene registrados 1350.

En tal sentido, la gestión que debe desempeñar las entidades que controlan el ingreso de plaguicidas al país requiere ser optimizada, mediante el fortalecimiento de su capacidad técnica, logística y humana, en estrecha coordinación con el ICA y las autoridades ambientales y sanitarias de las zonas fronterizas. (Bonilla Arboleda, 2000)

Tabla 1. Producción y venta de plaguicidas de uso agrícola en Colombia

TIPO DE ACCIÓN	Kg				L			
	Producción	%	Ventas	%	Producción	%	Ventas	%
FUMIGANTE	---	0.0	20109	0.2	--	0.0	11420	0.4
FUNGICIDA	19690293	80.0	6973173	58.0	3623423	14.4	4693494	14.4
FUNGICIDA + INSECTICIDA	--	0.0	--	0.0	97205	0.4	106059	0.3
HERBICIDA	1587925	6.5	2066583	17.2	15999216	63.6	20892975	64.3
INSECTICIDA	3325204	13.5	2835545	23.6	5392387	21.4	6497693	19.9
OTROS	--	0.0	120719	1.0	46863	0.2	201505	0.6
BIOLÓGICO	--	0.0	435	0.0	--	0.0	--	0.0
TOTAL GENERAL	24603423	100	12016563	100	25159093	100	32505610	100

Fuente: (Instituto Colombiano Agropecuario, 2010)

Las existencias de plaguicidas obsoletos, son todos aquellos productos cuyo uso no es posible o deseable constituyendo un desecho, siendo plaguicidas vencidos o caucados, prohibidos o restringidos, deteriorados, no deseados por los propietarios, sin identificación, contaminados por otras sustancias o generados en accidentes por contaminación de materiales con plaguicidas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2004). En Antioquia por ejemplo, estos plaguicidas obsoletos se han encontrado en áreas donde se enterraron o vertieron en forma planificada o accidental (ver tabla 2), provocando un aumento de la concentración del suelo o agua subterránea de alguna de las sustancias componentes de la formulación o de sus productos de degradación

Definir la situación actual de Colombia, con respecto al volumen de residuos de envases de plaguicidas que se deben llevar a disposición final adecuada, deben incluir un plan de manejo

de los entierros y/o cementerios de plaguicidas, ya que estos forman un riesgo para la salud y el ambiente, dado que es un residuo constituido por sustancias químicas peligrosas. Además en su calidad de residuos sin valor económico, en general se acumulan en condiciones inadecuadas en sitios no controlados.

Es en esta situación, en donde nace una gran preocupación sobre cómo están realizando la disposición, los campesinos productores vs las alternativas de disposición final, de los envases de plaguicidas después de la actividad de aspersión al cultivo; adicionalmente los plaguicidas obsoletos y/o vencidos, inutilizados y prohibidos, cuya ubicación generalmente está asociada a diferentes tipos de pasivos ambientales.

Tabla 2. Granjas experimentales

GRANJA	CIUDAD	DIRECCIÓN
Finca Cotove – Universidad Nacional	Santa Fe de Antioquia	
La Salada estación experimental agroindustrial del SENA	Caldas, Antioquia	Carretera al alto de minas.
Liceo Colegio San José	Jericó, Antioquia	Colegio Técnico Agropecuario
Granja del Politécnico	Jericó, Antioquia.	Colegio Politécnico
Granja del SENA	San Jerónimo, Antioquia	
Instituto Agrícola	San Jerónimo, Antioquia	

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006)

En lo relacionado con bodegas y sitios de destrucción de plaguicidas COP no hay aportes en cantidades destruidas antes de los años noventa, debido a que ésta no era una práctica usual en el sector de plaguicidas. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006)

No obstante, se identifican en este sector los siguientes puntos de generación de residuos y la disposición a los envases de plaguicidas:

- En el proceso de fabricación, por materiales de empaque en los que vienen materias primas; estos materiales son cartón, bolsas plásticas, canecas metálicas y plásticas, de capacidades entre 20 y 200L, también se generan residuos en los laboratorios de control de calidad; e el proceso, producto de las actividades de limpieza de equipos e instalaciones; y también por las devoluciones que hacen los clientes por vencimiento de productos.
- Durante la fase de aplicación de los plaguicidas se generan residuos mediante de los empaques y envases que los contenían, los remates de producto no aplicado y los residuos de lavado de los equipos de aplicación.
- Los sitios donde se efectuaban los ensayos y los laboratorios de control del ICA, con el tiempo, acumulan 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:

- Almacenamiento de alimentos.
- Disposición como residuo ordinario.
- Quemados a cielo abierto.

- Enterramiento sin el menor requerimiento de seguridad. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006).

Planteamiento del problema

Antioquia es un departamento con variedad de climas que propicia el desarrollo agrícola (ver tabla 3) y en el oriente Antioqueño la vocación por las hortalizas, constituye un componente económico de gran importancia; de igual forma la ubicación geográfica del oriente Antioqueño y las prácticas agrícolas aplicadas, han contribuido a la proliferación de plagas, con grandes implicaciones para la producción eficiente y rentable de los diferentes cultivos.

La falta de diversificación de la producción y el desconocimiento que se tiene frente a otras alternativas de cultivo para las hortalizas, ha llevado a los campesinos al uso de grandes volúmenes de plaguicidas y al sector industrial a la producción y comercialización de cantidades alarmantes plaguicidas, con altos grados de inespecificidad, toxicidades no evaluadas y con implicaciones irreparables sobre la biodiversidad. Lo anterior, conlleva a generar grandes volúmenes de envases vacíos de plaguicidas, desconociendo la peligrosidad de este residuo y no garantizando una disposición final adecuada, en donde las quemas a cielo abierto y/o los entierros constituyen una problemática ambiental, ya que no se garantiza ninguna condición de seguridad.

Tabla 3. Municipios productores agropecuarios en Antioquia

REGION	MUNICIPIOS
Altiplano Norte	Don Matias
	Entrerrios
	San Pedro
	Santa Rosa de osos
	Yarumal
Oriente Antioqueno	Abejorral
	Carmen de Viboral
	El Santuario
	Guarne
	La Ceja
	La Unión
	Marinilla
	Rionegro
	San Vicente
	Sonson
Suroeste	Andes
	Ciudad Bolívar
	Fredonia
	Jardin
	Tamesis
	Urrao
Corregimientos de Medellín	Palmitas
	San Antonio de Prado
	San Cristóbal
	Santa Elena

Fuente: (Instituto Colombiano Agropecuario , 2000)

La economía del departamento de Antioquia está sustentada en gran parte, en la Agricultura, especialmente en la producción de café, panela, maíz, papa, fríjol, cacao y yuca, una gran variedad de hortalizas.

Los productores de hortalizas en esta subregión emplean en forma indiscriminada plaguicidas de diferentes categorías toxicológicas. En relación con el uso de herbicidas, en la subregión hortícola, se encontraron 14 químicos y/o plaguicidas más usados (tabla 4).

Tabla 4. Plaguicidas más usados en Antioquia, persistencia y degradabilidad.

NOMBRE	INGREDIENTE ACTIVO	ESTADO	PERSISTENCIA Y DEGRADABILIDAD
GLIFOSATO DUPONT AMONIO	Glifosato: N-(fosfonometil) glicina; sal amónica	Líquido viscoso. Concentrado soluble (SL)	DT50 2 a 170 días (según condiciones ambientales). Fuerte adsorción a las partículas coloidales del suelo.
Regent 250 FS	(+)-5-amino-1-(2,6-dicloro- α,α,α -trifluoro-p tolyl)-4-trifluoromethylsulfinyl pyrazole-3-carbonitrile (IUPAC).	Líquido, suspensión.	No persistente. El producto se degrada en el suelo en pocos días bajo condiciones aeróbicas. Estable a pH ácido o neutro, en pH alcalino ocurre hidrólisis. En sistema acuático aeróbico se determinó degradación inmediata sin ocurrencia de persistencia.
CARBOFURAN AGROGEN 330 SC	Carbofuran	líquido	Carbofuran tiene persistencia moderada. Tiempo de vida media en el suelo
2,4-D AMINA 6 SL	2,4-D sal dimetilamina 2,4-D ácido	Líquido ámbar claro a ámbar rojizo	Tiempo de vida media DT50 > 7 días. Degradación microbial
FURADAN 98 %	Carbofuran	Sólido blanco cristalino	Carbofuran tiene un moderado rango de degradación en el suelo (vida media = 50 días). Se hidroliza rápidamente en condiciones alcalinas (pH altas) pero es estable en condiciones ácidas (Bajo) carbofuran tiene un Log Pow de 1.4 y un factor de bioconcentración de 9 (Bajo potencial de acumulación en el medio ambiente) . En texturas pesadas de suelo la movilidad que se espera es moderada.
GLIFOSATO AGROGEN 747 SG	Glifosato sal monoamónica, Tallowaminas etoxiladas	Gránulos solubles de amarillo a ámbar.	Tiempo de vida media DT50 es 47 días. Degradación microbial.
TEBUCONAZOLE 25% SF	α -[2-(4clorofenil)etil]- α -(1-dimetiletil)-1H-1,2,4 triazol-1 etanol	Líquido : Suspensión concentrada (SC)	Persistencia en suelo: En el medio ambiente se degrada más rápidamente que en los estudios de laboratorio.
MANCOZEB NUFARM 800 WP	Mancozeb	Sólido amarillo verdoso	Mancozeb tiene baja persistencia en el suelo, DT50 1 – 7 días, degrada rápida y espontáneamente a ETU en la presencia de agua y oxígeno. ETU puede ser más persistente, 5 – 10 semanas. Degradación por hidrólisis, oxidación, fotólisis y metabolismo.
PROPICONAZOLE 250 EC	Propiconazol: 1-[[2-(2,4-diclorofenil)-4-propil-1,3-dioxolan-2-il]-metil]-1H-1,2,4-triazol	Líquido amarillo/marrón	Con base en la información para el propiconazol. El propiconazol muestra una persistencia moderada en el suelo, Bajo condiciones controladas de suelo aerobias, la vida media es generalmente de 30 a 120 días. El propiconazol está sujeto a la fotólisis, pero luego de 12 días de exposición a la luz natural, únicamente se registró un 20% de fotólisis.
Sumiglifo 480 sl	Glifosato	cristales blancos amarillentos	la vida media depende de la condición del suelo: en cenizas volcanica aproximadamente 20 días, arcilla aproximadamente 23 días.
2,4 - D 720 (72%)	2-4 D AMINA	Líquido	Posee una vida media en suelos de 30 a 60 días. Se degrada principalmente por acción microbiológica, generando dióxido de carbono (8). La persistencia ambiental del carbofurano está controlada por su degradación por vías química, fotoquímica y bioquímica. La primera de ellas está preeminente asociada a la hidrólisis, con tiempos de vida medios para este mecanismo de reacción comprendidos entre 2 días, a pH=9,5 y 1.700 días, a pH=5,2 (CCME, 1999), teniendo influencia directa la temperatura sobre la tasa de hidrólisis, además del pH. La fotólisis directa y la fotooxidación por el mecanismo de radicales libres constituyen una importante vía de degradación del carbofurano, habiéndose observado en estudios de laboratorio una fotodescomposición significativa dentro de 96 horas (CCMA, 1999).
FIPRONIL ANDINESA 250 SC	Fipronil:.....250 g/L (\pm)-5-amino-1-(2,6-dicloro-a,a,a-trifluoro-p-tolil)-4-trifluorometilsulfinilpirazole-3 carbonitrilo de formulación a 20° C. (Phenylpyrazole)	líquido	
FURADAN ® 350 L	Carbofuran	Líquido de cremosos con ligero olor a solvente.	Carbofuran tiene un moderado rango de degradación en el suelo (vida media = 50 días). Se hidroliza rápidamente en condiciones alcalinas (pH altas) pero es estable en condiciones ácidas (Bajo) Carbofuran tiene un Log Pow de 1.4 y un factor de bioconcentración de 9 (Bajo potencial de acumulación en el medio ambiente) . En texturas pesadas de suelo la movilidad que se espera es moderada.

Características de las regiones de Antioquia

El Oriente y Norte de Antioquia se caracterizan por su economía campesina, dedicada a la producción de alimentos para abastecer importantes núcleos urbanos del país. La principal fuente de ingresos proviene del sector agropecuario, con una alta participación. Por otra parte utilizan mano de obra familiar, con excepción de algunos cultivos de papa y de tomate de árbol.

El Oriente Antioqueño, de acuerdo con sus condiciones agroecológicas y socioeconómicas, se ha desarrollado una agricultura intensiva donde predominan los cultivos de frijol, papa, maíz, tomate, hortalizas y pastos

El Altiplano Norte comprende predomina la vocación pecuaria, especialmente la producción lechera. Además se tienen cultivos de papa, maíz, frijol y tomate de árbol (Instituto Colombiano Agropecuario, 2000)

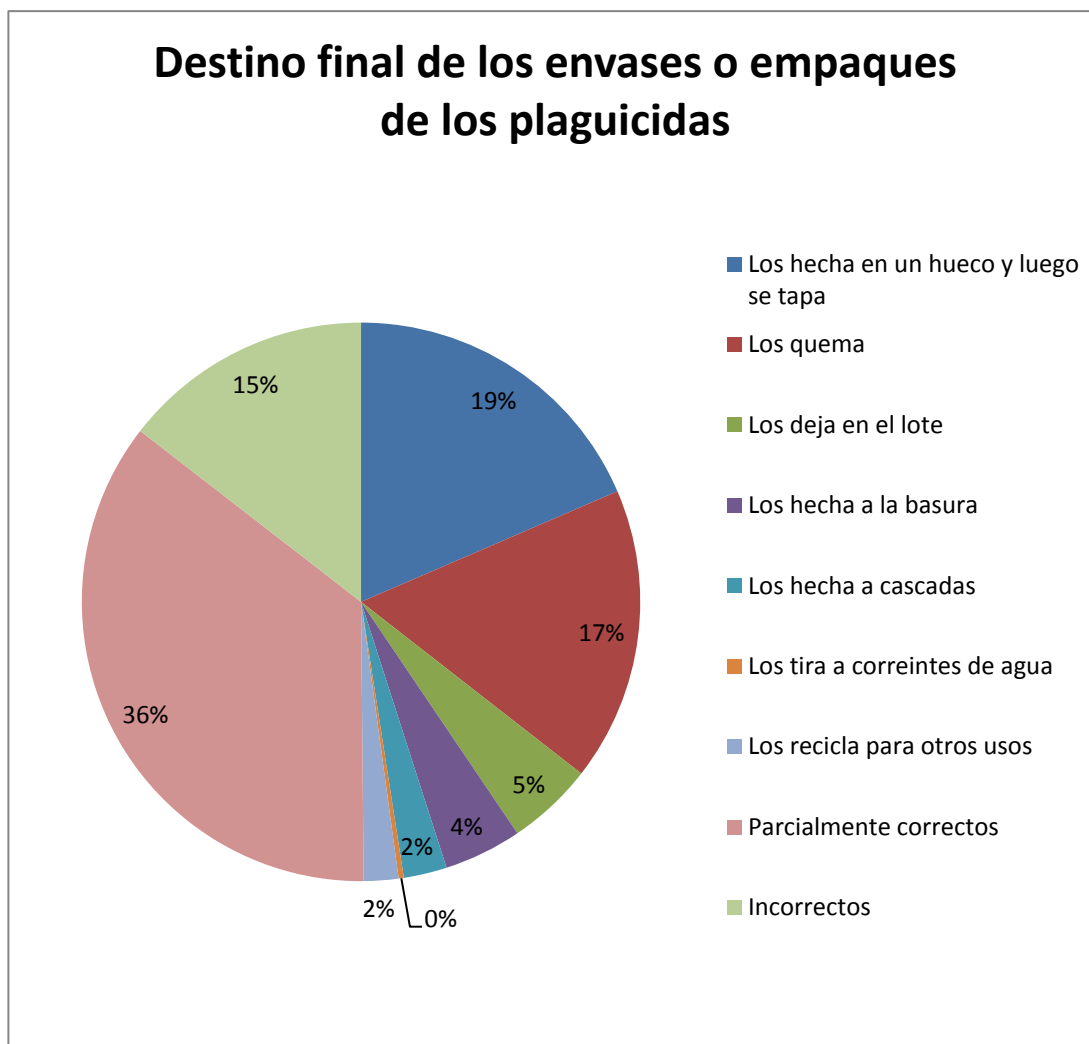
El Suroeste Antioqueño posee muchas tierras ricamente privilegiadas y muchos pisos térmicos desde caliente hasta frío. La dinámica física del Suroeste se estructura por el curso del río Cuaca en su tramo medio. Sus principales actividades económicas son la caficultura, la minería de carbón, la producción de plátano, caña panelera, frutales, frijol hortalizas, yuca, papa y maíz; así mismo la ganadería.

La zona rural de Medellín como región, tiene importancia relativa por los cultivos de hortalizas de San Cristóbal, Palmitas, San Antonio de Prado y Santa Elena. Los cultivos de papa y mora son la base de la economía, además de la zanahoria, frijol, arveja, tomate de árbol, repollo, cebolla y maíz. (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia; Universidad Nacional de Colombia, 1998)

En un trabajo de investigación que realizó el Instituto Colombiano Agropecuario ICA y del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología PRONATTA, en el año 2000, en los municipios mencionados en la Tabla 3, evaluaron la incidencia de los factores sociales, económicos culturales y técnicos en el uso de agroquímicos por pequeños productores en el departamento de Antioquia; esto debido a las prácticas inadecuadas en cultivos, lo que generó un incremento en el uso de plaguicidas, de fertilizantes y de concentrados, sumado a la utilización inadecuada de los productos de mayor toxicidad, en la sobredosificación, en la combinación de productos incompatibles, en equipos de protección y especialmente en la mala disposición final de los residuos y empaques, ocasionando graves problemas de morbi-mortalidad y deterioro del ambiente. (Instituto Colombiano Agropecuario, 2000)

En esta investigación, dentro de la cultura del manejo de los plaguicidas, se conoció acerca del destino final y la reutilización de los empaques de estos productos. La consulta la orientaron sobre qué pasa con los empaques una vez utilizado el producto. Para tal efecto se solicitó información, sobre la forma como el productor destruye los envases o los empaques de los plaguicidas. El resultado se presenta en la Figura 1

Figura 1. Destino final de los envases o empaques de los plaguicidas



Fuente: (Instituto Colombiano Agropecuario , 2000)

De esta información se destaca la tendencia de la mayoría de los productores tiran los empaques de los pesticidas a fosas que luego se tapan con tierra (dato mencionado en 178 respuestas) y en un segundo lugar están quienes queman los envases (166 respuestas). En esta misma línea se consultó se consultó con los agricultores que reutilizan los empaques de los plaguicidas, aunque se tuvo una respuesta negativa casi total, solo en el Oriente Antioqueño algunos agricultores lo hacen pero no se precisa como se vuelven a utilizar. (Instituto Colombiano Agropecuario, 2000)

Por lo anterior es de importancia reconocer, cuales son los diferentes escenarios o actividades económicas, en las que posiblemente se estarían generando los envases con o sin residuos de plaguicida, que disposición final se le está realizando en la actualidad y cuáles son las alternativas para la adecuada disposición final.

Objetivos

Objetivo general

Identificar diferentes alternativas para darle una adecuada disposición final a los envases de plaguicidas que se generan a través de actividades agrícolas.

Objetivos específicos

- Identificar los principales municipios en el centro de Antioquia, que en la actividad económica predomine la agricultura tradicional de hortalizas.
- Estudiar las características fisicoquímicas de los plaguicidas de mayor uso para la producción de hortalizas en los municipios identificados por su vocación hortícola.
- Proponer alternativas para la disposición final de los envases de plaguicidas generados.

Marco legal

Se analizaron dos marcos normativos: el primero hace referencia a convenios internacionales que ha suscrito Colombia o que están en proceso de ratificación y el segundo a leyes, decretos o resoluciones expedidas por entidades competentes del Gobierno Nacional.

Normatividad internacional

De los cuatro acuerdos descritos a continuación, tres generan compromisos y obligaciones, Estocolmo, Basilea y Róterdam, de estos tres, Colombia sólo ha ratificado uno (Basilea), los otros dos se encuentran en dicho proceso.

Convenio de Basilea.: Fue aprobado en 1989 y entró en vigor en 1982. Se crea con el fin de realizar un manejo ambientalmente racional de desechos peligrosos. Igualmente establece requisitos para movimientos transfronterizos de residuos peligrosos. Colombia ratificó el convenio mediante la ley 253 de 1996 y mediante el Decreto 4741 de 2005. Es necesario para realizar proyectos de disposición final de desechos peligrosos fuera del país.

Convenio de Estocolmo: Firmado el 23 de mayo de 2001 en Estocolmo, Suecia. Se centra sobre Contaminantes Orgánicos y Persistentes (COP), también conocido como el "Convenio de COP's", fue firmado por representantes de más de cien países de todo el mundo. El Convenio es un instrumento internacional para el control y eliminación de 12 compuestos peligrosos que han sido agrupados bajo el calificativo de "la Docena sucia". Se centra en la reducción y eliminación de 12 COPs, nueve plaguicidas y tres productos químicos industriales y subproductos. Necesario en el estudio debido a las características de los plaguicidas en desuso encontrados en el país, además de la inclusión de sustancias como las dioxinas en la producción no intencional de COPs.

El convenio adopta conceptos de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y Mejores Prácticas Ambientales (MPA).

Convenio de Róterdam: Sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional. Aprobado en 1998 y entró en vigor de febrero de 2004. Este promueve acciones que permiten fortalecer la capacidad nacional para el manejo de los productos químicos, mediante la transferencia de tecnologías, la prestación de asistencia financiera y técnica. Con éstas actividades se impide las importaciones no deseadas y se logra evitar futuras acumulaciones de plaguicidas en desuso. Incluye 22 plaguicidas y ciertas formulaciones de otros; Colombia se encuentra en el proceso que permite la ratificación del convenio.

Código Internacional de Conducta para la Utilización y Distribución de Plaguicidas: Fue adoptado en 1985 por la FAO y ha sido modificado dos veces en el año 1989 y 2002, en éste último se introdujo el concepto de ciclo de vida del plaguicida. Es de carácter voluntario y establece los procedimientos que se deben seguir para el manejo y distribución de plaguicidas a fin de disminuir los riesgos a la salud y el medio ambiente. Como consecuencia a ésta iniciativa Colombia publicó en el año 1991 el decreto 1843; además, el ICA realiza funciones de control sobre la formulación y la distribución de plaguicidas, así mismo el Departamento Nacional de Planeación (DNP), estudia la industria de agroquímicos analizando el destino final del plaguicida. Instrumentos como la política nacional de Agroquímicos, la guía de manejo ambiental para sub-sector de plaguicidas y programas como el de Manejo de envases de plaguicidas por parte de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI), fortalecen la plataforma nacional para el manejo de plaguicidas.

Normatividad nacional

En Colombia la normatividad comienza con la ley 9 de 1979 donde establece Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del ambiente. Incluye términos claros sobre sustancias agroquímicas, en especial plaguicidas, El control y la vigilancia epidemiológica en el uso y manejo de plaguicidas, deberá efectuarse con el objeto de evitar que afecten la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o causen deterioro del ambiente. El decreto ley 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en el decreto 1843 de 1991 del Ministerio de Salud sobre uso y manejo de plaguicidas. En éste se encuentran relacionados los términos de clasificación toxicológica de los plaguicidas en el país, relacionados con la dosis letal. Se identifican las etapas de gestión de un plaguicida como: experimentación, producción, almacenamiento, distribución y aplicación. También prohíbe el uso y/o manejo de plaguicidas cuando se ha demostrado que éste representa un grave riesgo para la salud o el medio ambiente. De ésta manera sólo se permite la distribución de plaguicidas registrados oficialmente ante la entidad competente, ICA.

Para la disposición final de desechos como sobrantes o efluentes provenientes del lavado de equipos, sugiere métodos de reutilización, tratamiento químico, enterramiento o incineración.

Con la creación del Ministerio de Medio Ambiente (MINAM) bajo la ley 99 de 1993, se designan funciones de éste relacionados con el manejo y protección de los recursos naturales. Estas funciones están descritas en el artículo 5º: numeral 25 designa al MINAM para establecer límites máximos permisibles en el medio ambiente de sustancias que puedan deteriorar o alterar los componentes de éste mismo; artículo 26, sobre sustancias utilizadas en actividades

agropecuarias, el cual le otorga la función de regular la distribución y uso de agroquímicos a nivel nacional; numeral 39, el Ministerio debe dictar regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de desechos tóxicos o subproductos de los mismos. Además el artículo 66 indica que los grandes centros urbanos tienen la responsabilidad de efectuar el control de residuos tóxicos y peligrosos en el área bajo su jurisdicción.

Por medio de la ley 430 de 1998 del Ministerio de Medio Ambiente, se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos, se inicia el desarrollo de principios de minimización, promoviendo herramientas de producción más limpia en los sectores generadores de éstas sustancias. Además define las responsabilidades del generador y el receptor de los desechos, promoviendo la responsabilidad compartida para el manejo de las sustancias. Esta ley prohíbe la importación de residuos peligrosos basándose en los condicionamientos del convenio de Basilea.

Decreto 1443 de 2004 expedido por el MAVDT, se crea con el objetivo de prevenir y controlar la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos. Para lograr éste fin, el decreto describe en el capítulo dos, artículo 5° las características que identifican a los plaguicidas en desuso, catalogados como residuos peligrosos. Igualmente se definen responsabilidades para el generador y el receptor. Incentiva la prevención de existencias de sustancias peligrosas derivados del uso de plaguicidas, con mecanismos de gestión, como el de retorno de materiales al generador desde el consumidor.

En cuanto al manejo y disposición final de plaguicidas en desuso, el artículo 10 otorga ésta responsabilidad al generador, quien podrá realizar dicha gestión sólo con empresas autorizadas, y en caso de no contar con una alternativa local para la eliminación de las

sustancias, deberá realizar las gestiones necesarias para exportar los residuos hasta una país con la capacidad tecnológica para tratar los mismos.

De acuerdo con el decreto 1220 de 2005, sobre licencias ambientales, el MAVDT será la entidad competente para otorgar licencia ambiental a las actividades de importación y producción de plaguicidas. Designa a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), como entidades competentes para otorgar o negar de licencia a las actividades de “construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos.”

La más reciente norma sobre desechos peligrosos es el decreto número 4741 de 2005 del MAVDT. Este Identifica los actores involucrados en la gestión de residuos peligrosos designando sus responsabilidades. En cuanto a plaguicidas en desuso, los clasifica como sustancias sujetas a un Plan de Gestión de Devolución de Productos Pos-consumo, para su retorno a la cadena de producción importación-distribución-comercialización, para tal fin los codifica como Y4. Como soporte al convenio de Estocolmo prohíbe la importación de desechos que contengan o estén constituidos por COPs, en especial a la docena sucia.

Además la Resolución 693 del 19 de abril de 2007. Por la cual se establecen criterios y requisitos que deben ser considerados para los Planes de Gestión de Devolución de Productos Pos consumo de Plaguicidas para su retorno a la cadena de importación, producción, distribución y comercialización.

A nivel Regional se cuenta con los Lineamientos de políticas sobre uso y manejo mesurado de plaguicidas con énfasis en el sector agropecuario y forestal del departamento de Antioquia del año 2005.

Marco teórico

La agricultura ha sido la fuente básica de la alimentación humana; por lo que las áreas de cultivo y la cría de animales se extienden constantemente, rompiendo el equilibrio natural. Los proyectos que impulsaron la diversificación de la agricultura lograron que el uso de la tierra se destinara a cultivos de exportación, desplazando la producción de granos para el consumo doméstico (Altieri, 2000).

La agricultura es un proceso de artificialización de la naturaleza. En general, la agricultura moderna ha llevado consigo la simplificación de la estructura del medio ambiente sobre vastas áreas, reemplazando la diversidad natural por un pequeño número de plantas cultivadas y animales domésticos. En efecto, la mayoría de los paisajes agrícolas del mundo son sembrados con solo 12 especies de cultivos de granos, 23 especies de cultivos de hortalizas y unas 35 especies de tipos de nueces y frutas: muy pocas al compararlas con las que se encuentran dentro de una hectárea de bosque húmedo tropical, que contiene típicamente más de 100 especies de árboles (Thrupp, 1988).

El hombre ha empleado diferentes procedimientos para el control de insectos, malezas, hongos, bacterias y nemátodos, tales como control biológico, la recolección de frutos maduros, quema de rastrojo, alelopatía y (Rodríguez, Plagas de las Hortalizas: Alternativas para su Manejo en Sistemas de Cultivo Protegido, 2005), entre otros. El control biológico ha mostrado ser una alternativa viable dentro del contexto de Manejo Integrado de Plagas (MIP); no obstante, en algunos casos se requiere el uso de plaguicidas como los insecticidas, con el objetivo de que intervengan en algún momento del del MIP (Luna-Cruz, 2011)

El uso de plaguicidas en Colombia inicia hacia el año de 1962, con base en la importación de ingredientes activos. En 1964, se amplía la tecnología de la industria hacia la síntesis de algunos ingredientes activos. La síntesis a nivel nacional se inicia en 1985 con la producción de herbicidas y 1995 con fungicidas.

La industria cuenta con una capacidad instalada de unas 34.800 toneladas para obtener productos sólidos y de 55.800 litros para las presentaciones líquidas, por año. En términos generales, se estima que la tasa de utilización de la capacidad instalada para la formulación de plaguicidas en Colombia es del orden del 60%. Hasta el año 1997, se tenían registradas 98 empresas dedicadas a la producción y comercialización de plaguicidas. Algunos cultivadores de flores, tabaco, banano, palma, realizan importaciones directas de plaguicidas. La producción en Colombia para 1997 se componía de 300 ingredientes activos, 900 formulaciones comerciales de las cuales 254 corresponden a insecticidas, 206 a fungicidas, 325 a herbicidas y 133 para otras formulaciones. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008)

Los plaguicidas no han sido utilizados únicamente y exclusivamente con fines agrícolas, su empleo ha estado asociado a la lucha antivectorial, principalmente contra los vectores que transmiten diferentes enfermedades como Fiebre Amarilla y el dengue entre otras. Aunque estas sustancias han controlado la propagación de insectos que transmiten enfermedades, también se incrementan las condiciones que afectan la salud, incidiendo en el bienestar de todos los seres vivos.

Por el uso de los plaguicidas indiscriminadamente en la agricultura y en la lucha antivectorial, implican riesgos para los seres vivos y el ambiente, generando que las plagas creen resistencia, resurgimiento y efectos indeseables en especies no blanco.

Por la falta de implementación de Buenas Prácticas Agrícolas los fumigadores incurren en los errores de contaminar al medio ambiente y sin saber que esto afecta a todos los ecosistemas que rodean el área en la cual se están aplicando, contaminando la superficie terrestre, los niveles freáticos que por medio de estos se contaminan ríos, lagunas, embalses, mares, entre otros, también logran producir transformaciones microbianas, químicas y todo lo que tiene contacto con los plaguicidas. (Gonzalez, 2011)

Efectos en la salud por exposición a plaguicidas

Se consideran, básicamente, dos tipos de intoxicaciones derivadas de la exposición a plaguicidas: la aguda y la crónica. Los efectos agudos suceden usualmente al cabo de unos minutos u horas de la exposición y pueden ser locales o sistémicos, mientras que los efectos crónicos pueden manifestarse incluso hasta años después de la exposición. Las intoxicaciones asociadas con el uso de plaguicidas pueden ocurrir sin las medidas de control, debido al mal uso de los equipos de protección laboral y de los equipos de trabajo (bombas para fumigar, por ejemplo), deficientes medidas de regulación, los cambios en los patrones de uso de los plaguicidas y las diferentes mezclas que se hacen. (Karam, Ramirez, Bustamante Montes, & Galvan, 2004)

Toxicidad Aguda

Es la capacidad de una sustancia química de causar daño a los organismos vivos. Ésta depende de la cantidad de sustancia administrada o absorbida y del tiempo de exposición a la misma. La correlación entre la exposición y la incidencia o el grado de severidad es llamada correlación-respuesta.

Toxicidad Crónica (alta y baja)

La exposición ocupacional crónica (toxicidad alta) se presenta principalmente a nivel ocupacional del formulador, del aplicador, del mezclador – cargador o del cosechador. La toxicidad crónica generalmente se reconoce cuando se diagnostican enfermedades en operación de la industria.

La exposición crónica incidental (toxicidad baja) es el resultado de la exposición incidental a trazas del plaguicida en el ambiente del hombre. (Ministerio de Agricultura; Ministerio de Salud ; Instituto Colombiano Agropecuario, 1978)

Clasificación de plaguicidas

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 (Tabla 5). La toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL50) o de la concentración letal media (CL50). Ambos parámetros varían conforme a múltiples factores como la presentación del producto (sólido, gel, líquido, gas, polvo), la vía de entrada (oral, dérmica, respiratoria), la temperatura, la dieta, la edad, el sexo, entre otros.

Tabla 5. Clasificación según su peligrosidad y toxicidad

Categoría	Pictograma	Frase de advertencia	color	DL ₅₀ Aguda*			
				VIA ORAL		VIA DERMICA	
				sólido	líquido	sólido	líquido
Ia Extremadamente peligroso		Muy toxico		5 ó menos	20 ó menos	10 ó menos	40 ó menos
Id Altamente Peligroso		Tóxico		5-50	20-200	10- 100	40-400
II Moderadamente Peligroso		Nocivo		50-500	200-2000	100-1000	400-4000
III Ligeramente Peligroso		Cuidado		más de 500	más de 2000	mas de 1000	mas de 4000
IV/5 no representan peligrosidad		Precaución		más de 2000	mas de 3000		

*mg/Kg de formulación sobre ratas

Fuente: (Organizacion Mundial de la Salud, 1996)

En Colombia, debido a la variedad de agroquímicos disponibles y a los diferentes niveles de comprensión, escolaridad, entrenamiento y supervisión, algunos agricultores no siempre están advertidos de adoptar las precauciones adecuadas y con mucha frecuencia, no están en capacidad de leer o entender las advertencias contenidas en las etiquetas del producto, especialmente en países subdesarrollados como Colombia, en donde el índice de analfabetismo en zonas rurales está alrededor del 21% (en zonas de la Costa Caribe como Bolívar es del 28.3% y en el Cesar de 21.8%).

Por lo tanto, la Norma describe pictogramas (Tabla 6) que contienen precauciones y advertencias para ser incluidos en los rotulados de los plaguicidas, como un complemento a los textos presentes en la etiqueta, sin pretender reemplazarlos.

Tabla 6. Clasificación según su peligrosidad y toxicidad en Colombia (Ejemplos)

CLASE	TOXICIDAD	COLOR ETIQUETA	EJEMPLOS
Clase I	Extremadamente peligrosos	Rojo	Paratión, dieldrín
Clase II	Altamente peligrosos	Amarillo	Eldrín, diclorvos
Clase III	Moderadamente peligrosos	Azul	DDT, clordano
Clase IV	Ligeramente peligrosos	Verde	Malatión

Fuente: Resolución No. 10834 de 1992.

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 (tabla 7).

Tabla 7. Clasificación de los plaguicidas, según la familia química

FAMILIA QUÍMICA	EJEMPLOS
Organoclorados	DDT, aldrín, endosulfán, endrín

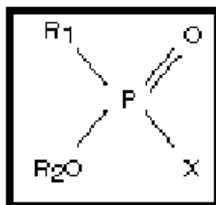
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permetrín
Derivados bupiridilos	Cloromequat, diquat, paraquat
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, piclram, silvex
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, dowco, plictrán
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo blanco
Compuestos de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola

Fuente: (Ramirez, 2001)

Organofosforados

Los plaguicidas organofosforados son ésteres del ácido fosfórico (unión de un ácido y un alcohol), con los OH esterificados con diferentes radicales orgánicos (Figura 2). Estos compuestos son sólidos cristalinos o líquidos traslúcidos de color amarillo parduzco, son más pesados que el agua y solubles tanto en disolventes orgánicos como en el agua. La mayoría de éstos son volátiles.

Figura 2. Estructura básica Organofosforados.



Fuente: (Ware, 2004)

Con enlace P-O fosfato

Con enlace P-S fosfotiolato

Con enlace P-C fosfonato,

Con enlace P-N fosforamido

Donde R1 y R2 pueden ser alquilo, alcoxi, u ariloxi, amido u otros y X puede ser un grupo haluro, fenoxi, tiofenoxi, fosfato, carboxilato. La hidrólisis de éste compuesto se genera cuando el átomo que se une al fósforo del doble enlace es un oxígeno, lo anterior sobre condiciones alcalinas y a altas temperaturas. Ejemplos: nombre comercial, (*Nombre genérico*); Actellic (*Pyrimiphosmethyl*); Afugan, (*Pyrazophos*); Sumition (*Fenitrothion*).

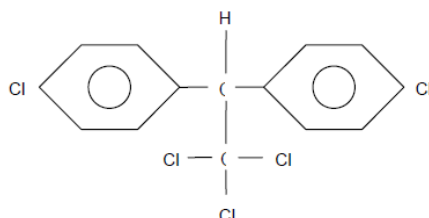
Organoclorados

Su estructura química corresponde en general, a la de hidrocarburos clorados aromáticos (Figura 3,4,5 y 6), con un peso molecular de 291 a 545. Sus propiedades fisicoquímicas dependen del grado de cloración, pero generalmente son sustancias insolubles en agua y muy estables a la luz solar, a la humedad, al aire y al calor. Ejemplos: aldrite, (*aldrín*); chlordan,

(clordano); clorofenotano (DDT); HCH, (Lindano); Thiodan (Endosulfan). Los organoclorados se subdividen en cinco grupos:

- *Derivados de hidrocarburos aromáticos*: DDT y compuestos análogos, tales como DDE, DDD, dicofol, metoxicloro y clorobencilato, (Figura 3)

Figura 3. Estructura del DDT, Organoclorado.

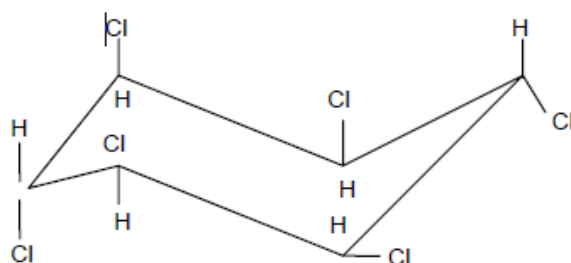


Fuente: (Ware, 2004)

www.pesticidebook.com/pdfs/chapter01.pdf

- *Derivados de hidrocarburos alicíclicos (cicloalcanos clorados)*: La característica principal es que los enlaces carbono-carbono de éstas moléculas son enlaces simples. Su fórmula molecular es C_nH_{2n+} , como los isómeros del hexaclorociclohexano, dentro de los cuales el más conocido es el lindano (Figura 4) (isómero gamma- $C_6H_6Cl_6$)

Figura 4. Estructura del lindano, Organoclorado alicíclico.

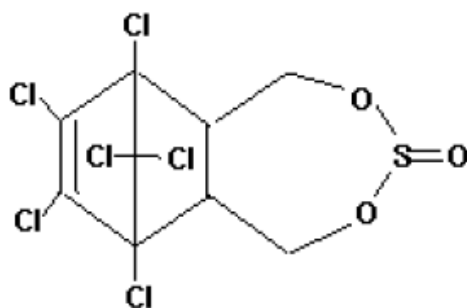


Fuente: (British Crop Protection Council. 10 Ed. , 1994)

Derivados de hidrocarburos ciclodiénicos: Son compuestos cíclicos que se pre

- paran a partir del hexaclorociclopentadieno por reacción Diels-Alder⁵, persistentes y estables en el suelo y relativamente estables en presencia de luz ultravioleta, entre los principales están: aldrín, dieldrín, endrín, endosulfán (Figura 5) (C₉H₆Cl₆O₃S) mirex, clordano, heptacloro.

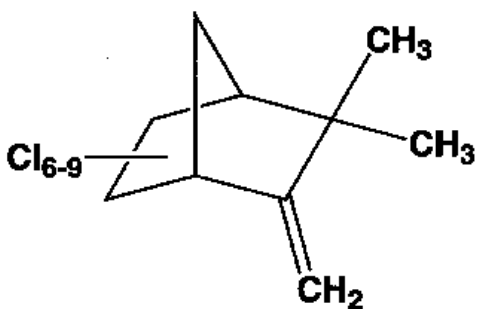
Figura 5. Estructura del Endosulfan. Organoclorados ciclodiénicos.



Fuente: (British Crop Protection Council. 10 Ed. , 1994)

- *Derivados de hidrocarburos terpénicos (terpenos clorados):* Se desarrollan principalmente dos compuestos: el toxafeno y el estrobano, siendo el primero el más comercializado. Son persistentes en el suelo y con alta volatilidad. El toxafeno (Figura 6) es una mezcla de más de 177 derivados policlorados de 10-carbones, su estructura básica es la siguiente:

Figura 6. Toxafeno, organoclorado terpénico.



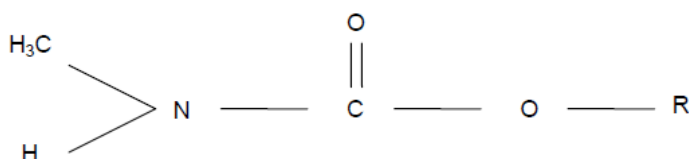
Fuente: (Ware, 2004)

Carbamatos

Corresponden a ésteres derivados de los ácidos N-metil o dimetil carbámico, se emplean principalmente como insecticidas (Figura 7). Del mismo modo que los organofosforados, los carbamatos son fácilmente hidrolizables en soluciones alcalinas.

Ejemplos: aldicarb, (*aldicarb*); baygón, (*propoxur*); benlate, (*benomyl*); carbofurán, (*carbofurán*).

Figura 7. Estructura básica de los Carbamatos.

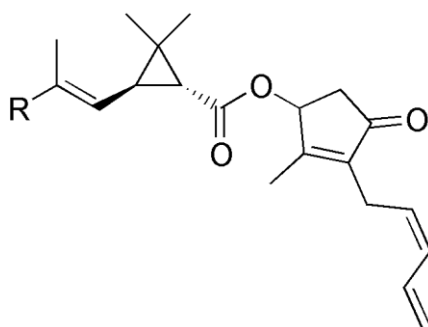


Fuente: (British Crop Protection Council. 10 Ed. , 1994)

Piretoroides

El piretro o pelitre es uno de los derivados de origen vegetal más empleado como plaguicida. Es una mezcla de compuestos que forman parte del extracto crudo de flores de crisantemos (*Chrysanthemum cinerariaefolium* y *Chrysanthemum cinereum*). Esta mezcla de compuestos está constituida por una familia de sustancias cuyo máximo representante son las piretrinas (Figura 8), las cuales, a su vez, están agrupadas en seis núcleos fundamentales. A partir de modificaciones químicas sobre éstos se obtienen los piretroides que son la base de muchos productos comerciales con diferentes actividades biológicas. (Jimenez Cartagena & Peñuela Mesa, 2011)

Figura 8. Estructura básica Piretrina.



Fuente: (Wikipedia, 2006)

Impacto ambiental

Entre las propiedades de los plaguicidas que hacen se les considere contaminantes ambientales están la *toxicidad*, la *estabilidad* y la *persistencia*. (Centro de Información Vigilancia y Asesoramiento Toxicológico, s.f.).

Estas propiedades son las que están asociadas a la contaminación del agua, suelo y aire asociado a los componentes antropogénicos como:

- Contaminación del agua: La contaminación del agua por plaguicidas se debe a la descarga de residuos industriales y sobrantes de agua de lavado de equipos, por descarga directa, por las aplicaciones aéreas cercanas a los ríos y lagos, y por el uso indebido de estos productos como instrumentos de pesca.
- Contaminación del suelo: La evaluación del grado de contaminación del suelo por plaguicidas es de particular importancia, debido a la transferencia de estos.
- Contaminación del aire: Los plaguicidas que tienen alta presión de vapor, se volatilizan con facilidad. La aplicación aérea no controlada puede ocasionar la contaminación del aire.

Persistencia y ecotoxicidad

La persistencia de un plaguicida se refiere al periodo de tiempo que este permanece biológicamente activo, y sigue siendo toxico para los efectos que fue aplicado; además esta, un compartimiento ambiental, depende de la eficiencia de los procesos de degradación natural, los cuales inducen en algunos casos transformación en metabolitos con diferente toxicidad (Narvaez, Palacio, & Molina, 2012)

En general, los plaguicidas persistentes (los que permanecen biológicamente activos por largos periodos) son menos solubles y volátiles pero tienen una fuerte tendencia a ser absorbidos (enlazados a partículas de suelo). Los más conocidos son los insecticidas organoclorados; el herbicida Simazina y el Fungicida Benomyl. Estos pueden permanecer más de 14-17 años en el suelo.

La persistencia de los plaguicidas sintéticos se debe a que su estructura química es nueva y los organismos descomponedores naturales, como las bacterias, no tienen vías para degradarlos; por consiguiente se acumulan en el ambiente y en la cadena alimenticia. (Corporacion Autonoma Regional Rionegro-Nare, 2004).

.La biodegradación, la fotodegradación y la hidrólisis química, se efectúan mediante diferentes reacciones como oxidación, reducción, hidrólisis y rupturas y reorganizaciones moleculares, entre otras.

Un gran número de publicaciones, consideran que los procesos de degradación, son determinantes en la persistencia y toxicidad de plaguicidas (Andreu, 2004): sin embargo, el conocimiento de las reacciones de transformación y el impacto de los metabolitos sobre la biota y seres humanos son aún incipientes.

Las partículas tóxicas de los plaguicidas, tanto en su fase líquida como gaseosa, pueden alcanzar el aire, el suelo y las fuentes de agua. Particularmente aparece como importante el desecho de líquidos remanentes y del lavado del equipo ya que al realizarse sobre o en las cercanías de cursos de agua, acequias internas, pueden ser fuentes de contaminación para las familias residentes. Por otra parte, la eliminación inadecuada de envases, principalmente por la combustión a cielo abierto se constituye en una fuente de contaminación con Dioxinas y Furanos tanto en la zona donde son destruidos, como en áreas alejadas.

Vida media de los plaguicidas (Persistencia)

Por su vida media, los plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes (Tabla 8).

Tabla 8. 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, aldrín, dieldrín
Permanentes	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico.

Fuente: (Ramirez, 2001)

- 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.

- Los compuestos organofosforados (OF), que son ésteres, amidas o tioles derivados de los ácidos fosfóricos, fosfónico y fosfortoico, 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. Pertenecen a este grupo el paratión, el malatión, el diazinón, el clorpirifos y el diclorvos.
- Carbamatos, son relativamente inestables, se les atribuye un tiempo corto de persistencia ambiental y cuentan con cierta selectividad. Su degradación se realiza por oxidación. Entre los más comunes se encuentran el lannate, el carbarilo y el carbyl.
- Piretrinas, Las moléculas de piretrinas son neuroactivas, de baja absorción dérmica, con un metabolismo rápido y no dejan residuos en la atmósfera. Son rápidamente degradados en el ambiente, pues aunque se absorben masivamente por el suelo, se eliminan fácilmente con el agua.

Evaluación ambiental por aplicación de plaguicidas (Ecotoxicidad)

En la evaluación ambiental por aplicación de plaguicidas se han utilizado diferentes criterios para estimar el impacto ambiental. Sin embargo, se observa una convergencia en todos los países hacia el uso del concepto Toxicity Exposure Ratio (TER, por su sigla en inglés) o Tasa de toxicidad-exposición que corresponde a la relación entre concentraciones ecotoxicológicas críticas (CEC) o de “end point” tales como EC_{50} , LC_{50} NOEC, etc, versus concentraciones de exposición o concentración ambiental esperada (CAE).

Esta relación debe ser calculada para cada uno de los compartimentos del medio ambiente en riesgo (aguas subterráneas, aguas superficiales, suelos) para establecer los

umbrales críticos, como un detonante para la necesidad de información adicional. (Finizio, Calliera, & Vighi, 2000)

La determinación de las concentraciones de exposición o concentración ambiental esperada (CAE) de los plaguicidas en el ambiente es compleja debido a los diversos mecanismos involucrados en su degradación y transporte. Se han desarrollado varios modelos para predecir la concentración ambiental de los plaguicidas con distintos grados de complejidad y con diversos grados de éxito. Los modelos que han obtenido mejores resultados en las validaciones, usualmente requieren una alta disponibilidad de información sobre plaguicidas, ambiente y cultivos. (Jerez B, Peralta A, Tapia F, Mejías B, Jerez M, & Encina T, 2006)

Metodologías de Evaluación ambiental.

a) Proyecto CARPER (Concentred Action on Pesticide Environmental Risk Indicators):

Los indicadores fueron desarrollados con objetivos diversos, tales como orientar a los productores en sus estrategias de aplicación de plaguicidas y no todos se encuentran completamente desarrollados. La evaluación de éstos permitió determinar los elementos comunes utilizados en la evaluación de los riesgos ambientales por el uso de plaguicidas.

Los compartimentos que evalúan los indicadores de riesgo ambiental (Tabla 9). En la mayoría se evalúa el riesgo ambiental para suelo, agua superficial y agua subterránea. El compartimiento aire es evaluado sólo por cinco de los indicadores.

Tabla 9. Compartimientos y efectos evaluados por los indicadores.

	EYP	HD	SYNOPS	p-EMA	Ipest	EPRID	SyPEP	PERI
Compartimiento								
Agua subterránea	*	*		*	*	*	*	*
Agua superficial	*	*	*	*	*	*	*	*
Suelo	*	*	*	(*)	*	*		*
Aire			(*)	(*)	*	*		*
Efectos								
Salud humana	(*)			*	*	*	(*)	
Organismos acuáticos	*	*	*	*	*	*	*	*
Organismos del suelo	*	*	*			*		*
Bioacumulación				*				*
Abejas				*				*

* El compartimiento y efecto es parcialmente o rudimentariamente evaluado.

Fuente: (Jerez B, Peralta A, Tapia F, Mejías B, Jerez M, & Encina T, 2006)

b) Suma de las Unidades Toxicas Equivalentes (The Sum of Spread Equivalent):

Este índice se desarrolló en la región autónoma de Flandes, Bélgica, como herramienta de apoyo a la gestión de riesgo ambiental. Este índice describe el efecto potencial en organismos acuáticos, pero no determina otros efectos como bioacumulación o efectos endocrinos. El índice es calculado mediante la ecuación:

$$\sum_{i=1}^n Seq = \frac{DT_{50}E}{CMP}$$

Dónde:

- DT_{50} es la vida media del ingrediente activo
- E es la masa total aplicada del ingrediente activo
- CMP es la concentración máxima permitida

La concentración máxima permitida es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$CMP = \frac{NOEC_{min}}{FdS}$$

Dónde:

- $NOEC_{min}$ es la concentración a la que no se observan efectos, determinada para el organismo más sensible.
- FdS es el factor de seguridad, aplicado de acuerdo al grado de información disponible para la determinación del valor NOEC.

Estas ecuaciones ponderan las cantidades de plaguicidas utilizados con la persistencia y ecotoxicidad de cada plaguicida. Por lo tanto aquellos plaguicidas con mayores efectos ecotóxicos contribuyen relativamente más al índice que aquellos con menores efectos.

c) *Metodología de la Universidad de Milán:*

La Universidad de Milán desarrolló entre los años 1997 y 1998 con el patrocinio de la agencia ambiental italiana (ANPA), una metodología de evaluación de los efectos de los plaguicidas en diferentes ecosistemas

El modelo de evaluación ambiental desarrolla seis indicadores de riesgo, tres de ellos para evaluar riesgo agudo de los compartimentos ambientales agua superficial, suelo epigeo y suelo hipogeo; y otros tres para evaluar el riesgo ambiental crónico o de largo plazo en los compartimentos ambientales.

Los autores propusieron valores para las diferentes categorías de riesgo en función de un “juicio experto” (tabla 10).

Tabla 10. Clasificación de riesgo ambiental de los plaguicidas desarrollados según la metodología de la Universidad de Milán.

Nivel de riesgo	PRIHS 1	PRIHS 2	PRIES 1	PRIES 2	PRISW 1	PRISW 2
Imperceptible	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Bajo	>5 <15	>5 <15	>5 <15	>5 <15	>5 <15	>5 <15
Medio	>15 <40	>15 <30	>15 <50	>15 <40	>15 <40	>15 <30
Alto	>40 <60	>30 <50	>50 <70	>40 <70	>40 <80	>30 <60
Muy Alto	> 60	> 50	> 70	> 70	> 80	> 60

Fuente: (Jerez B, Peralta A, Tapia F, Mejías B, Jerez M, & Encina T, 2006)

Dónde:

- PRISH-1: Índice de Riesgo Ambiental Agudo en Ecosistema Hipogeo.
- PRISH-2: Índice de Riesgo Ambiental Crónico en Ecosistema Hipogeo.
- PRIES-1: Índice de Riesgo Ambiental Agudo en Ecosistema Epigeo.
- PRIES-2: Índice de Riesgo Ambiental Crónico en Ecosistema Epigeo.
- PRISW-1: Índice de Riesgo Ambiental Agudo en Ecosistema de Aguas Superficiales.
- PRISW-2: Índice de Riesgo Ambiental Crónico en Ecosistema de Aguas Superficiales.

La determinación del riesgo ambiental se realiza contrastando la concentración ambiental esperada (CAE), con valores umbrales para los compartimientos medioambientales en estudio. En los compartimientos suelo y agua superficial se compara la concentración ambiental probable con las dosis letales, o dosis crónicas de especies sensibles que actúan como bioindicadores.

En el caso del suelo en muchos indicadores de riesgo ambiental se utiliza la lombriz de tierra como Bioindicador y por tanto se compara la concentración ambiental esperada con las dosis letales o crónicas de esta especie.

Es particularmente relevante (altos costos) de accesos a los datos climáticos, que se traduce en una limitación a los modelos que pueden ser aplicados. Además se apreció falta de información de suelo, particularmente en la erodabilidad de los suelos, que se traduce en limitación para determinar el movimiento superficial de los plaguicidas.

La información recopilada permitió la implementación de un sistema de evaluación de riesgo ambiental simplificado. El modelo utiliza un sistema simplificado para determinar la concentración ambiental esperada (CAE), que debería ser remplazado por un modelo más completo en la medida que los datos disponibles lo permitan (Jerez B, Peralta A, Tapia F, Mejías B, Jerez M, & Encina T, 2006)

Manejo de plaguicidas y envases a nivel mundial

A nivel internacional, el país ha participado en la definición y compromisos en la protocolización de convenios, que propenden por el mejoramiento ambiental global. En la reunión internacional llevada a cabo en Rio de Janeiro se establecen compromisos ambientales internacionales en los capítulos de la denominada Agenda 21 relacionadas con el fomento de la agricultura y del desarrollo rural sostenible, conservación de la diversidad biológica, manejo de aguas, fortalecimiento del papel de los agricultores, gestión ecológicamente racional de los desechos peligrosos, protección y fomento de la salud humana, documento que se convirtió en la base de compromisos ambientales internacionales.

Se define como el principal objetivo de la agricultura y el desarrollo rural sostenible es aumentar la producción de alimentos de manera sostenible y mejorar la seguridad alimentaria.

En el marco de la gestión integrada del ciclo de vida del producto, impedir en lo posible y prevenir la producción de desechos peligrosos y someterlos a una gestión que impida los daños al ambiente, así mismo propone la rehabilitación de los lugares contaminados a través de personal calificado, instalaciones adecuadas y capacidades técnicas y científicas.

Además existe el Código Internacional de Conducta para la Distribución de Plaguicidas, que es un instrumento jurídico aprobado por la FAO, el cual tiene como objetivo promover las practicas que fomenten el uso seguro y eficaz de los plaguicidas, lo que implica entre otras cosas la reducción al mínimo de los efectos perjudiciales para los seres humanos y el ambiente y la prevención del envenenamiento accidental provocado por una manipulación impropia de los mismos.

El código señala la responsabilidad que tienen los países sobre la distribución, utilización y manejo de los plaguicidas en sus países, y que deberían asumir facultades específicas para

regularlas y atribuirles una alta prioridad a estas acciones y asignar recursos suficientes a la tarea de regular eficazmente la disponibilidad, distribución y utilización de los plaguicidas en sus respectivos países. (Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Desarrollo Sostenible, 1998)

Según la Carta de Derechos y Deberes Económicos de los Estados de las Naciones Unidas (Actualmente lo conforman 193 Estados, entre ellos Colombia), de 1974, “La protección, preservación y el mejoramiento del medio ambiente para las generaciones presentes y futuras es responsabilidad de todos los Estados; todos los países deben establecer sus propias políticas ambientales y de desarrollo, en conformidad con esa responsabilidad. Las políticas ambientales de todos los Estados, deben promover y no afectar adversamente el actual y futuro potencial de desarrollo. Los Estados tienen la responsabilidad de velar porque las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de las zonas situadas fuera de los límites de la jurisdicción nacional. Los Estados deben cooperar en la elaboración de normas y reglamentaciones internacionales en la esfera del medio ambiente”. (Moreno & Lopez, 2005)

La disposición final de envases de productos químicos es una acción de vital importancia que permite disminuir los efectos directos e indirectos de la aplicación. Sólo una acción segura y amigable con el ambiente permite reducir los efectos colaterales.

El aplicador de producto carece de los conocimientos técnicos mínimos que garantice un adecuado manejo del mismo. Las fumigaciones por aire expanden el químico y contaminan agua, aire, suelo y, por supuesto, seres humanos. Lo anterior, aunado a la casi nula vigilancia de las autoridades, sobre todo en el destino de los recipientes, agrava la situación de los habitantes del campo, sobre todo jornaleros. (Moreno & Lopez, 2005)

En Chile por ejemplo, según un estudio realizado por Bustamante (2004), el manejo de envases de plaguicidas se da de la siguiente manera: Los desechos de envases vacíos por quema 69%, entierro 11%, acumulación 10%, canal de regadío 1%, y desconocido 9%. El manejo de los envases es altamente inadecuado, comprometiendo el medio ambiente y atentando seriamente contra su equilibrio. (Bustamante & Campos, 2004)

Este estudio evidencia el inadecuado manejo de los envases vacíos, y que es una situación que deriva en gran medida de la actividad de agricultura, el cual representa alto riesgo no solo ambiental si no de salud. A nivel mundial, se ha avanzado en programas pos consumo de los envases, empaques y embalajes de plaguicidas, pero en el sector agrícola, aunque se desconocen las cifras, se asegura que hay un volumen de envases que quedan dispersos en los campos. (Garcia & Meza, 2012).

En México, el antecedente documentado de recolección, tratamiento y disposición final de más de 12 mil envases vacíos de plaguicidas, se realiza a través del Programa de "Campo Limpio". En el Estado de México, se busca concientizar a los productores sobre el manejo seguro y disposición adecuada de los residuos generados. Programas similares se aplican en los estados de Sonora, Sinaloa, Querétaro, Nayarit y Guanajuato.

En México se emplean 260 marcas de plaguicidas de las cuales, 24 están prohibidas y 13 restringidas, siendo las principales causas de intoxicación las deficientes medidas de control y previsión (Ortiz, s.f).

En países como Colombia y otros países en desarrollo de América Latina, la reutilización de envases de plaguicidas para almacenar agua, alimentos y combustible representa un problema importante. El alto costo de los bidones nuevos de acero o de plástico hace que los envases

usados de plaguicidas sean artículos valiosos. Sin embargo, en la mayoría de los casos es imposible descontaminar por completo los envases usados de plaguicidas.

Por mucho que se laven, las paredes internas del envase seguirán soltando residuos que podrán contaminar todo lo que se introduzca en él. Por ello es importante tomar las medidas oportunas para que todos los envases usados de plaguicidas se destruyan, eliminen o reciclen con objeto de impedir su utilización con fines no autorizados (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1996).

El plan australiano de manejo de envases, drumMUSTER, es un programa completo de servicio al cliente desarrollado por los industriales, la National Association for Crop Production and Animal Health (Avcare Ltd), la Veterinary Manufacturers and Distributors Association (VMDA), la National Farmers' Federation (NFF), y la Australian Local Government Association (ALGA). Lanzada en 1999, drumMUSTER es administrada por una organización independiente sin fines de lucro, Agsafe Ltd, una subsidiaria 100% propiedad de Avcare Ltd. Agsafe ha concluido 456 acuerdos con los gobiernos locales que realizan la recolección dentro de sus jurisdicciones. Agsafe Ltd también maneja un programa de recolección de plaguicidas obsoletos actualmente registrados.

El plan belga de manejo de envases es administrado por Phytofar-Recover. Esta entidad fue establecida en 1997 por Phytofar, la asociación belga para la protección de cultivos industriales. A los miembros se les factura anualmente el financiamiento del plan de manejo de envases, en proporción al volumen real de material de empaque que ingresan al mercado. Phytofar-Recover maneja exclusivamente el empaque primario (materiales de empaque que están en contacto directo con el producto) para el uso de la agricultura profesional. El período anual de

recolección industrial de envases y empaques primarios de los agricultores y horticultores va de septiembre a noviembre, después de concluida la estación de aspersión. Los envases enjuagados se recolectan en bolsas transparentes provistas por Phytofar-Recover, separando las botellas y los envases de papel y cartón.

La operación está dividida en tres tipos de usuarios de plaguicidas: i) productores agrícolas y horticultores, ii) empresas de fumigación, y iii) usuarios de grandes barriles de más de 60 litros. Los recolectores registrados de residuos son contratados para hacer la recolección de dos tipos de envases usados, peligrosos y no peligrosos. Se solicita a los recolectores de residuos certificar que los materiales recolectados son incinerados en instalaciones autorizadas con sistemas de recuperación de energía o reciclaje. Phytofar-Recover también maneja la recolección bi-anual y el tratamiento de plaguicidas obsoletos. También administra un plan más pequeño en Luxemburgo.

En Brasil, la recolección y el reciclaje de envases usados de plaguicidas comenzó como una iniciativa industrial, que luego fue fortalecida con la introducción de una nueva ley requiriendo que los agricultores, los distribuidores y los fabricantes de plaguicidas recolectaran, retornaran y garantizaran un destino final (reciclaje e incineración) para los envases usados. En 1993, la asociación nacional de la industria de plaguicidas de Brasil (ANDEF) ingresó a un acuerdo voluntario con la Secretaría de Agricultura del estado de San Pablo y la cooperativa de productores de caña de azúcar, para lanzar un plan piloto de manejo de envases. Los envases recolectados eran transportados a una pequeña empresa de reciclaje de plásticos. En los años siguientes, se incorporaron a ANDEF otros estados para promover el triple lavado y establecer centros de recolección en lugares estratégicos. Hacia finales de 2001, había ya 30 centros de este

tipo en Brasil. Mientras tanto, la industria del reciclaje también creció. En diciembre de 2001, se estableció el Instituto Nacional de Envases Vacíos (inpEV), una entidad sin fines de lucro dedicada al manejo del destino final de los envases vacíos de plaguicidas, integrando la industria de plaguicidas, los distribuidores y los agricultores de Brasil.

En Canadá, el tipo más común de envase de plaguicida agrícola es de plástico, que contiene 10 litros ('jugs'). Stewardshipfirst es un plan voluntario de manejo de envases de plaguicidas, liderado por CropLife Canada, una asociación nacional de la industria de plaguicidas que representa a fabricantes y distribuidores. Administra la recolección y el reciclaje, con fondos convergentes federales y de los gobiernos provinciales. Además, hay un gravamen fiscal que se cobra a todos los fabricantes de plaguicidas, de un monto de CAD 0.54 (aproximadamente USD 0.36) por cada envase puesto en el mercado, para financiar el plan de recolección y reciclaje. Los usuarios llevan los envases vacíos limpios a unos 1,250 centros receptores a lo largo de Canadá. Cinco contratistas se encargan de la recolección y la trituración de los envases usados, los que luego son enviados a tres contratistas para su reciclaje. El plástico granulado es utilizado para la fabricación de bardas agrícolas, postes de protección de carreteras o se utiliza para energía. CropLife de Canadá también administra un programa paralelo para el manejo de los plaguicidas obsoletos.

Adivalor, una organización voluntaria que administra el manejo de envases en Francia, fue establecida por la asociación francesa de la industria plaguicida, Unión de Industrias de la Protección de Plantas (UIPP). Adivalor reúne organizaciones agrícolas, fabricantes de plaguicidas y vendedores al por menor, para recolectar y eliminar los plaguicidas usados de un modo que sea medioambientalmente responsable.

Las responsabilidades y los costos se comparten. A los agricultores se les solicita enjuagar correctamente y almacenar sus envases y transportarlos a una de las 3,650 estaciones receptoras de Francia. Los distribuidores deben informar a sus clientes cómo eliminar sus envases vacíos, y organizar y controlar la recolección (asumiendo cerca de un tercio del costo). Los productores de productos de producción vegetal son responsables del transporte y la recuperación de los envases (asumiendo cerca de dos tercios del costo) además de brindar datos científicos sobre sus productos. Los envases recolectados son incinerados, a un costo promedio de aproximadamente € 480/tonelada, en hornos cementeros y plantas de incineración de empresas de manejo de residuos peligrosos que recuperan energía. Adivalor también administra un programa paralelo de manejo de plaguicidas obsoletos, al que las autoridades públicas contribuyen con subsidios (pero no para el programa de manejo de envases).

En Guatemala, por medio de la incineración en hornos cementeros de aproximadamente 5 toneladas de envases plásticos triturados en pequeñas partículas, fue lanzado el programa Recolección y Eliminación de Envases de Agroquímicos, en marzo de 1999.

El programa fue iniciado por CropLife América Latina, aunque más tarde otras empresas nacionales de la Asociación de Comercio Agroquímico (AGREQUIMA) se unieron a la iniciativa. El principal desafío de este programa fue la capacitación de los agricultores para que realizaran rutinariamente el triple enjuague de los envases y que retornaran los envases enjuagados a las estaciones receptoras. El punto crucial del programa fue lograr la cooperación de las autoridades de la agricultura, la salud y el medioambiente, así como de los distribuidores y sus redes, lo cual permitió mejorar la capacitación y facilitó la recolección de los envases. El

programa se conoce en Guatemala como Campo Limpio. Hasta hoy se han instalado cerca de 350 centros receptores más grandes en todo el país, y cuentan con el equipamiento necesario.

PAMIRA, un plan voluntario de recolección de envases usados de plaguicida en Alemania, fue establecida en 1996 por la Crop Protection, Pest Control and Fertilizer Association (IVA) después de varios años de proyectos piloto liderados por la industria de protección de cultivos de Alemania. En enero de 2003, la administración de PAMIRA fue transferida de Chemistry Business Promotion Corporation (CWFG) a Commercial Plastic Packaging (RIGK), una de las cuatro empresas de recuperación que ya estaban trabajando con PAMIRA. IVA todavía ejerce un control político sobre PAMIRA. La industria financia los costos de PAMIRA según la proporción de material de empaque primario puesto en el mercado alemán. Los distribuidores y los revendedores proveen los centros receptores.

PAMIRA recolecta empaques primarios vacíos y enjuagados hasta 60 litros de capacidad. Los agricultores retornan los empaques primarios enjuagados, libre de costo, a 230 centros receptores a través de Alemania durante un período limitado (entre uno y cuatro días) cada año. En los centros receptores, los inspectores revisan los envases retornados para asegurarse de que solo aquellos debidamente enjuagados entren en el flujo de residuos. Si un envase es considerado no suficientemente limpio, no es aceptado gratuitamente (el productor ya sea regresa con el contenedor correctamente limpio, o paga una tarifa por depositar un envase sucio). Los envases son triturados y transportados a plantas reacondicionadoras que preparan el material para su eliminación final o recuperación térmica en los hornos cementeros, o para su conversión en metanol. Los envases de plástico recolectados por PAMIRA no son reciclados en nuevos productos como en Australia y en Brasil.

Durante la década de 1970 a 1980, Hungría tenía niveles más elevados de consumo de plaguicidas que los de hoy, generando entre 7,000 y 8,000 toneladas de residuos de envases anualmente. Había recolecciones rutinarias y reciclaje de envases de plaguicida de metal y de vidrio. También había una empresa privada que se ocupaba de la limpieza y la recuperación de los envases de plástico, pero fue cerrada a mediados de los años '80 por motivos económicos. Hungría comenzó otra vez con metas nuevamente definidas y regulaciones revisadas, las que claramente determinan la división de responsabilidades. En 2003, CSEBER, una organización de coordinación sin fines de lucro, destinada al plan nacional de manejo de envases de plaguicida, fue establecida por 20 productores de plaguicidas. Se establecieron noventa centros receptores. Todos los fabricantes de plaguicidas tienen que ingresar a CSEBER, o adoptar por su cuenta los requerimientos obligatorios de manejo de envases. Los miembros pagan una tarifa de recolección de € 0.04/litro (envases de 2 a 25 litros), € 1.00/envase (envases de 26-60 litros), € 2.00/envase (envases de 61-250 litros) y € 3.50/envase (los envases de más de 250 litros). Los materiales de empaque recolectados son transportados por tres contratistas e incinerados en tres instalaciones que practican la recuperación de energía.

En Estados Unidos, se estableció en 1992, la Ag Container Recycling Council (ACRC), una organización sin fines de lucro fundada por empresas de CropLife America y otros siete miembros afiliados, implementa el plan voluntario de recolección y reciclaje de envases de plaguicidas. Los usuarios finales traen los envases plásticos enjuagados a los sitios receptores, en donde son inspeccionados y aceptados libres de costo. Sólo los envases plásticos HDPE no rellenables para productos plaguicidas agrícolas son aceptados por el ACRC. Cuatro contratistas ACRC trituran los envases plásticos recolectados y los convierten en copos, los que son enviados a recicladores aprobados que producen productos como conductos para desagües, postes para

plataformas marinas, etc. El plan de reciclaje de ACRC está financiado por cuotas de sus miembros proporcionales al peso de los envases plásticos de plaguicida puestos en el mercado americano, en función del presupuesto total de ACRC. (Organización de las Naciones Unidas, 2008)

En el análisis que realiza la ONU (2008), compara la cantidad de envases puestos en el mercado vs cantidad de envases vacíos que manejan los planes de varios países en el mundo. El análisis (Tabla 11), indica que las estrategias deben apuntar al plan operado en Brasil, ya que este tiene la tasa de eficiencia de recolección más elevada.

Tabla 11. Desempeño de los planes de manejo de envases en el mundo

País	Peso del material de empaque de plaguicida ingresado al mercado (kg)		Peso del material de empaque de plaguicida recolectado (kg)		% Recolectado	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
EEUU	18 000 000	18 000 000	3 600 000	3 564 000	20.0	19.8
Canadá	2 778 300	2 960 264	1 950 480	1 975 616	70.0	67.0
Argentina	5 700 000	5 700 000	102 600	501 600	1.8	8.8
Bolivia	537 000	537 000	19 869	39 738	3.7	7.4
Brasil	11 706 283	15 707 000	10 067 403	13 665 090	86.0	87.0
Chile	100 000	130 000	20 000	26 000	20.0	20.0
Colombia	2 365 000	2 365 000	148 995	182 105	6.3	7.7
Costa Rica	650 000	650 000	144 950	200 200	22.3	30.8
Rep. Dom.	140 000	140 000	36 960	40 600	26.4	29.0
Ecuador	300 000	300 000	0	24 900	0.0	8.3
El Salvador	355 000	360 000	99 400	136 800	28.0	38.0
Guatemala	350 000	350 000	120 050	177 450	34.3	50.7
Honduras	215 000	250 000	39 990	74 000	18.6	29.6
México	3 220 000	5 450 000	199 640	348 800	6.2	6.4
Nicaragua	350 000	350 000	0	0	0.0	0.0
Panamá	315 000	315 000	22 050	31 500	7.0	10.0
Paraguay	1 150 000	2 400 000		792 000		33.0
Perú	625 000	800 000	6 250	32 000	1.0	4.0
Uruguay	166 000	450 000	6 640	22 500	4.0	5.0
Venezuela	900 000	900 000	0	27 000	0.0	3.0
Australia y Nueva Zelanda	2 744 666	2 049 021	1 070 420	1 106 471	39.0	54.0
Austria	350 000	350 000	245 000	245 000	70.0	70.0
Bélgica	585 000	585 000	538 000	538 000	92.0	92.0
Francia	7 500 000	7 500 000	3 200 000	3 200 000	42.7	42.7
Alemania	3 200 000	3 000 000	1 760 000	1 950 000	55.0	65.0
Hungría	2 763 000	2 763 000	1 263 000	1 263 000	45.7	45.7
Polonia	2 000 000	2 000 000	550 000	550 000	27.5	27.5
España	6 672 000	6 672 000	1 072 000	1 072 000	16.1	16.1
Países Bajos	1 271 000	1 271 000	571 950	1 143 900	45.0	90.0
Regiones						
América del Norte	20 778 300	20 960 264	5 550 480	5 539 616	26.7	26.4
América Latina	29 144 283	37 154 000	11 034 797	16 322 283	37.9	43.9
Australia/NZ	2 744 666	2 049 021	1 070 420	1 106 471	39.0	54.0
Europa	24 341 000	24 141 000	9 199 950	9 961 900	37.8	41.3
Total	77 008 249	84 304 285	26 855 647	32 930 270	34.9	39.1
<i>Estimación (global):</i>		190 000 000		32 930 270		17.3

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas, 2008)

Las opciones disponibles para la eliminación de envases más usados son la incineración, el reciclado o el vertedero. Los envases sólo deberán ser reciclados o eliminados en vertederos después de haber sido enjuagados tres veces y prensados. Sólo deben eliminarse en vertederos designados para ese fin y controlados por el gobierno (Rellenos sanitarios con celdas de seguridad con licencia ambiental). El triple enjuagado deberá ser realizado exclusivamente por expertos que sepan qué líquido ha de utilizarse y cómo se han de manejar los productos resultantes del enjuagado (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1996).

Manejo de plaguicidas a nivel nacional

Colombia es un país que por su posición geográfica presenta unas condiciones particulares climáticas y de alta biodiversidad, las cuáles se reflejan en numerosas plagas que atacan a los cultivos agrícolas, pero igualmente nos brindan la oportunidad de disponer de agentes naturales para el control biológico. En este sentido el país tiene el reto de manejar y controlar las plagas con criterios científicos racionales que propendan por una agricultura sostenible.

Las condiciones ambientales y los fenómenos meteorológicos permiten el transporte de los plaguicidas a sitios no blanco en forma difusa, lo cual puede generar efectos negativos en los individuos que están tanto adentro como afuera de los procesos de producción agrícola, así como a los ecosistemas naturales e hidrobiológicos y a la flora y fauna. Las aplicaciones aéreas, la irrigación y ciertas condiciones de clima, pueden adicionar movimientos o derivas de los plaguicidas en la distancia, influyendo en su severidad. Las actividades tanto legales como ilegales, conjuntamente con los derrames accidentales, pueden representar efectos no pensados

en los consumidores de alimentos y de aguas y en aquellos trabajadores estrechamente relacionados con los plaguicidas (Salcedo Monsalve & Melo Trujillo, 2005)

En Colombia, desde hace varios años se encuentra reglamentado el uso y manejo de plaguicidas que comprende todas las actividades relacionadas con estas sustancias, tales como producción, experimentación, importación, transporte, almacenamiento, distribución, expendio, exportación, aplicación y disposición final de desechos y residuos de plaguicidas. (Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Desarrollo Sostenible, 1998)

En Colombia el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a través del ICA, el Ministerio de Salud y el Ministerio del Medio Ambiente son las entidades encargadas de la regulación y reglamentación de los plaguicidas.

El ICA por delegación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y de conformidad con la resolución 3079 de 1995, realiza el control técnico de los insumos agrícolas que se comercializan en el territorio nacional mediante el registro de productores que implica la autorización para la importación de los productos terminados y las materias primas utilizadas en la producción. Igualmente autoriza la exportación de plaguicidas y realiza el registro de laboratorios para el control de la calidad de los productos y el registro de venta de los productos a comercializar.

El Ministerio de Salud, de acuerdo con el decreto 1843 de 1991, expide el concepto toxicológico (el cual consiste en una serie de pruebas de toxicidad aguda, subaguda y crónica en mamíferos que generalmente realizan las casas comerciales en sus países de origen) para los productos formulados que se apliquen en el país y los permisos de experimentación bajo protocolos específicos. Este decreto busca mantener una dinámica de integración entre los Ministerios de Agricultura, a través del ICA y el de Salud, la industria y usuarios para el estudio

y planeamiento de soluciones a la situación de los plaguicidas en Colombia. Este decreto regula el transporte y almacenamiento de los plaguicidas, así como las condiciones para su comercialización.

El Ministerio del Medio Ambiente tiene entre sus funciones el expedir la Licencia Ambiental para la importación y producción de los plaguicidas teniendo en cuenta los Estudios de Impacto Ambiental, es el encargado de reglamentar lo concerniente a la ubicación de las plantas de producción de los mismos y es el ente coordinador de las políticas ambientales de plaguicidas con las Corporaciones Autónomas Regionales CARs.

Con el Decreto No. 1753 de 1994 el Ministerio del Medio Ambiente, establece los casos en los cuales se requiere de licencias ambientales y se especifica esta licencia para la producción, importación de plaguicidas y aquellas sustancias, materiales y productos sujetos a controles por virtud de tratados, convenios y protocolos internacionales ratificados por Colombia y vigentes.

Las Corporaciones por su parte son competentes en su respectiva jurisdicción para otorgar Licencia Ambiental o implementar Planes de Manejo Ambiental para el transporte y almacenamiento de plaguicidas, así como para las pistas de fumigación. De igual manera, les corresponde fijar en el área de su jurisdicción, los límites permisibles de emisión, descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o de cualquier otra materia que puedan afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables y prohibir, restringir o regular la fabricación, distribución, uso, disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental como los plaguicidas, también les corresponde ejecutar las políticas, planes y programas nacionales en materia ambiental definidos por la ley aprobatoria del Plan Nacional de Desarrollo y del Plan Nacional de Inversiones o por el Ministerio del Medio Ambiente, así como los del orden regional que le hayan sido confiados conforme a la ley, dentro

del ámbito de su jurisdicción. Al mismo tiempo, les corresponde ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables.

El Decreto 1843 de 1991 prohíbe en los lugares dedicados al almacenamiento de plaguicidas, el acopio de productos alimenticios, medicinas, ropas, utensilios domésticos, bebidas o cualquier otro material de consumo humano o animal. Igualmente el decreto establece que solo se permite la distribución y expendido de plaguicidas que se encuentren registrados oficialmente.

La distribución y expendio de productos clasificados dentro de las categorías I y II (extremadamente y altamente tóxicos), requieren fórmula o prescripción de ingeniero agrónomo, u otro profesional capacitado en las áreas agropecuarias o de salud, debidamente inscrito.

En Colombia, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, estableció la Norma NTC 1319 de 1978 para el almacenamiento y transporte de plaguicidas, la cual está contenida totalmente en el Decreto 1843 de 1991 del Ministerio de Salud, en los capítulos VI y VIII.

La Norma 3969 del ICONTEC, se constituye en guía para los transportistas, fabricantes, consumidores y autoridades en el manejo de los plaguicidas. Ésta es aplicable en el territorio nacional, en las diferentes modalidades establecidas para transporte por vía terrestre, incluyendo la atención a posibles contingencias durante el acarreo y el almacenamiento en tránsito.

El Ministerio de Transporte conjuntamente con el ICONTEC ha buscado en el seno de los comités técnicos de normalización del ICONTEC, el apoyo para adelantar el proceso de implantación de un sistema de transporte seguro, en el cual se establezcan los principios de clasificación de las mercancías peligrosas, la segregación de las sustancias para el transporte, los

requisitos de los embalajes y envases, los métodos de ensayo, marcado, etiquetado, las características de funcionamiento de las unidades de transporte y los trámites administrativos necesarios.

En el proceso de diseño y aplicación de las normas emitidas por el ICONTEC, participan entidades públicas y privadas como los ministerios de Transporte, Minas y Energía, de Defensa, del Medio Ambiente, el ICA, la Industria militar Indumil y el Ministerio del Interior a través de la Oficina de Atención y Prevención de Desastres; por parte del Sector Industrial se encuentran los fabricantes de sustancias, los consumidores de sustancias peligrosas como materia prima y/o insumos, los almacenadores, la Superintendencia de Puertos, los transportadores y las entidades que acuden en caso de emergencia como Policía de Carreteras, Defensa Civil Colombiana, cuerpos de bomberos, centros de información sobre sustancias, entre otras (Fajardo Sanabria, 1999)

Por su parte, la industria dedicada a la producción e importación de plaguicidas asociada a la ANDI, participa en el programa de Responsabilidad Integral, que adelanta actividades de mejoramiento continuo en el uso y manejo de los plaguicidas a través de la implementación de prácticas gerenciales, en donde se incluye el transporte, almacenamiento y distribución de estos productos. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

En Colombia la disposición de desechos de plaguicidas está regulada por el decreto 1843/91, la resolución 058 de 2002 de Minambiente y por la norma ICONTEC 3584 oficializada en abril de 1995.

Descentralización: entes regionales

Los Ministerios del Medio Ambiente, Salud y Agricultura cuentan con sedes propias en Bogotá, teniendo funcionarios designados para la evaluación ambiental, toxicológica y agronómica de los productos. Estas entidades cuentan con institutos de investigación adscritos; para el caso del Ministerio del Medio Ambiente se encuentra IDEAM, INVEMAR, Instituto SINCHI, Instituto de Investigaciones del Chocó Biogeográfico y el Instituto Alexander von Humboldt; por su parte el Ministerio de Salud cuenta con el Instituto Nacional de Salud y el Instituto para la Vigilancia de Medicamentos y Alimentos INVIMA; por último el Ministerio de Agricultura cuenta con el ICA, CORPOICA, DRI, Instituto Nacional de Adecuación de Tierras (INAT), Instituto Nacional para la Reforma Agraria INCORA, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

A su vez estos Ministerios se apoyan en el orden regional a través de las 34 Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, las Secretarías Departamentales de Salud y Agricultura, las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria UMATAS y las regionales del ICA y en algunos casos de CORPOICA. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

En relación con los mecanismos de coordinación para el control de los plaguicidas, el Decreto 1843 de 1991 establece un Consejo Nacional de Plaguicidas, en donde participan las principales entidades del orden central y a su vez establece Consejos Departamentales de Plaguicidas, en donde tienen participación las entidades regionales. El objetivo de su creación es coordinar la aplicación de las disposiciones sobre plaguicidas. Los Ministerios de Salud (hoy protección Social) y el de Agricultura coordinarán a través de este consejo las entidades públicas y privadas que participen en el uso, manejo y disposición de plaguicidas, con el objeto de

garantizar la salud de la comunidad y la preservación de los recursos agrícolas, pecuarios y naturales renovables. (Auditoría General de la República, 2004)

Campo Limpio

Campo Limpio es el Programa de Manejo Responsable de envases vacíos de agroquímicos, que promueve la adecuada recolección y disposición final de éstos en Latinoamérica.

En Colombia, es una corporación sin ánimo de lucro, miembro de CropLife LatinAmérica, que nació como una iniciativa responsable de las empresas que importan y fabrican plaguicidas afiliadas a la Cámara Procultivos de la ANDI para el manejo ambientalmente adecuado de los envases vacíos de plaguicidas. Buscan dar una solución ambientalmente adecuada a los envases vacíos de plaguicidas, bajo el principio de responsabilidad compartida y participación solidaria de todos los actores involucrados con el uso adecuado de plaguicidas.

El programa de manejo de envases cumple con la normatividad establecida por el Ministerio del Medio Ambiente, como son el Decreto 4741 de 2005 y Resolución 693 del 2007. La Corporación Campo Limpio, de acuerdo con los expedientes que reposan en la Autoridad Nacional Ambiental de Licencias Ambientales –ANLA– Ministerio de Ambiente, ejecuta las labores del plan de devolución de productos pos consumo de sus empresas miembro, capacitando a la cadena de uso y manejo de los envases de plaguicidas de uso agrícola, normatividad y triple lavado, además instalando la infraestructura y sistemas de recolección adecuados para tal fin. El programa se desarrolla en 529 municipios del país, en 28 departamentos y cubre 665.000 hectáreas cultivadas en Junio de 2012.

Las empresas miembro de la Corporación Campo Limpio son: Abonos de Colombia – Abocol, Arysta LifeScience, Barpen Internacional (Isagro Colombia), BASF, Bayer, Compañía Agrícola Colombiana (Monsanto), Cosmoagro (Triada Emma), Dow Agrosience, Cheminova, FMC, DuPont, Invesa, Helm Andina, Nufarm Colombia, Monómeros, Proficol, Químicos Oma, Sumitomo, Syngenta y Yara Colombia.

Triple Lavado

El Triple Lavado es el primer paso para una correcta disposición final de los envases vacíos de plaguicidas. Es necesario lavar los envases para evitar que queden residuos de producto y puedan convertirse en un peligro para el medio ambiente. Los envases sin Triple Lavado no podrán ser recolectados, procesados, ni reciclados.

- ¿Cómo hacer el triple lavado?
- ✓ Usar ropa protectora y agua limpia.
- ✓ Enjuague TRES veces sus envases vacíos de plaguicidas.
- ✓ Escurra el envase vacío colocándolo sobre el tanque de fumigación por 30 segundos.
- ✓ Agregue agua hasta $\frac{1}{4}$ del envase.
- ✓ Cierre el envase y agítelo por 30 segundos.
- ✓ Vierta el contenido en el tanque de fumigación. Déjelo escurrir por 30 segundos.

Imagen 1. Ejemplos triple lavado



Fuente: (Derechos reservados a: Bayer CropSciences)

- ✓ Se debe repetir estos pasos TRES veces
- ✓ Perforar el recipiente para que no pueda ser usado nuevamente. Déjelo secar y llévelo al centro de acopio más cercano.

Si los envases no están lavados adecuadamente no podrán ser recibidos por el programa CampoLimpio para ser procesados adecuadamente (Asociación Nacional de Industriales , 2012).

Requisitos para la entrega de envases, empaques y embalajes vacíos de plaguicidas de uso agrícola al plan de manejo posconsumo de plaguicidas de campo limpio

- ✓ Entregue solamente envases, empaques y embalajes de plaguicidas vacíos.
- ✓ Los envases (tarros) y empaques (bolsas) plásticas deben tener el TRIPLE LAVADO.
- ✓ Inutilice los envases para evitar su reutilización (perfore o corte)
- ✓ No retire la etiqueta.
- ✓ Retire las tapas de los envases y entréguelas por separado.
- ✓ Retire totalmente la tapa de seguridad de aluminio y entréguelas dentro del mismo paquete con las bolsas.
- ✓ Los embalajes (cajas) deben ser entregados en pacas amarradas.
- ✓ Empaque, pese y marque las lonas con el nombre de la empresa.
- ✓ No amarre las lonas con alambre. Podría causar heridas a los operarios.
- ✓ Si maneja canecas de 200 lt o bidones de 20 lt, por favor córtelos a la mitad para reducir su volumen.
- ✓ Lleve la nota de remisión a nombre de la Corporación Campo Limpio.
- ✓ Entregue la remisión en el momento de la devolución y el personal de Campo Limpio debe devolver una copia con firma y sello de recibido.
- ✓ En el momento de la devolución la persona encargada de recibir los envases, debe entregarle un certificado donde consta la devolución que usted está realizando. Esta debe ir prenumerada, firmada y sellada.
- ✓ Las certificaciones de disposición final serán entregadas una vez los envases, empaques y embalajes sean enviados a proceso de disposición final. Para los envases plásticos será

entregada en el transcurso de un mes. Para los empaques y embalajes, se entrega el acta de disposición final una vez al año.

- ✓ Las personas autorizadas por la Corporación a recoger los residuos se identificarán con un carnet y entregarán la certificación prenumerada en papel membreteado de Campo Limpio.

Pre-procesamiento

El pre-procesamiento puede mejorar la eficiencia de la logística o el reciclaje y la eliminación de los envases vacíos.

Reducción de volumen

Reducir el volumen que ocupan los envases permitirá que los vehículos transporten cargas mayores. Las técnicas comunes para reducir volúmenes incluyen la trituración, el aplastamiento y la compactación en pacas. La reducción de volumen debería tener lugar en la parte alta de la cadena logística del usuario al reciclador o eliminador, para mejorar la eficiencia de todo el plan

Compactación en bloques

La compactación es un proceso destinado a comprimir los envases en bloques, a los que luego se les da forma de paquetes (o pacas) mediante bandas sujetadoras. Los envases que se prestan a la compactación son los grandes envases plásticos y los sacos plásticos. Compactar pequeños sacos de plástico requiere de múltiples bandas sujetadoras y cartón u otro material para mantener la paca junta y compacta. La compactación solamente aumenta la densidad de los envases, lo cual puede mejorar la eficiencia del transporte e incrementar la capacidad de

almacenamiento en una bodega, cuando el espacio es una limitante. La compactación no ayuda al proceso de reciclaje o de eliminación.

Aplastamiento / Compactación

El aplastamiento es un proceso que implica compactar, pero que está relacionado con los materiales que permanecen deformados cuando la presión de la compactación es liberada. Los materiales que generalmente pueden ser aplastados son el aluminio y los barriles metálicos.

Imagen 2. Compactación de envases



Fuente: (Derechos reservados por CropLife International)

Imagen 3. Pila de bidones de 200 litros aplastados.



Fuente: (Derechos reservados por CropLife International)

Trituración

La trituración destroza o corta los envases en pequeños pedazos. Es una técnica inapropiada para materiales finos que se cortan fácilmente, como el plástico, el cartón o el aluminio. Es posible triturar acero, pero los equipos son grandes y caros, y consumen mucha energía. Para los barriles metálicos, la trituración tiende a ser más económica. La trituración también es un requerimiento si el material del envase está destinado a ser utilizado como combustible alternativo en un horno cementero o una estación de generación de energía. Para ser procesados, los combustibles alternativos sólidos como el plástico necesitan ser soplados a través de las toberas del horno, y para ello es necesario reducir el tamaño de sus partículas. La trituración también es necesaria como paso previo antes de que los plásticos puedan ser convertidos en nuevos productos. En el caso de los productos de alto grado, el plástico tendrá que ser separado primero para garantizar que los materiales triturados están limpios y son de un solo tipo.

Imagen 4. Triturador móvil



Fuente: (Derechos reservados por CropLife International)

Imagen 5. Plástico triturado



Fuente: (Derechos reservados por CropLife International)

Separación de material

Cuando la intención es reutilizar el envase como materia prima para otro proceso de fabricación, es importante que el envase corresponda debidamente a la especificación. En el caso de la fabricación de productos de alto grado como la soga de polietileno de alto grado (HDPE), los envases de lubricantes, las tapas de los envases o los sacos de desechos, la materia prima debe ser un único tipo de plástico.

Si hay contaminación de otro tipo de plástico, el proceso de fabricación y el producto mismo podrían sufrir daños. El proceso de separación puede implicar la remoción de las etiquetas de los envases, remoción de las tapas y separar los envases según los diferentes tipos de plástico con que fueron construidos. Se trata de un proceso costoso pero permite una separación de materiales que les da mayor valor que aquél con el que no se practicó dicha separación. La necesidad y la justificación de la separación de materiales serán determinadas por los valores de mercado comparativos para productos de alto grado, productos de bajo grado y combustibles alternativos.

Reciclaje y eliminación

Las opciones de reciclaje y de eliminación están listadas en el orden en el que aparecen en la jerarquía de manejo de desechos. La jerarquía debería ser utilizada solamente como uno de los muchos factores que contribuyen a influenciar la elección de la opción de manejo de desechos. Es importante tener una visión amplia y considerar todos los costos medioambientales y externos de los procesos que conducen al reciclaje / eliminación, así como también sus impactos.

Reciclaje para nuevos productos

Muchos de los planes de manejo de envases más avanzados reciclan los materiales recolectados para convertirlos en nuevos productos. Siempre que los materiales con los que fue hecho el envase puedan ser debidamente separados en componentes suficientemente puros, podrán ser fácilmente reciclados.

Los componentes incluyen todos los materiales identificados en la Tabla 12.

Tabla 12. Materiales utilizados en los envases

Tipo de envase	Material
Metal	Acero
	Aluminio
	Total metal
Plástico rígido	Polietileno de alta densidad
	COEX
	PET
	Polipropeno
	Total plástico rígido
Bolsas plásticas	Polietileno
	Metálico
	Papel con revestimiento interno
	Total bolsas plásticas
Cajas	Cartón

- Vidrio.
- Metal.
- Aluminio.
- Cartón.
- Plástico de diversos tipos y grados.

Los productos plásticos de alta calidad y alto valor necesitan ser fabricados con materia prima pura y específica, y por ello es muy importante que los diferentes tipos de plástico se mantengan separados. Es posible hacer algunos productos de grado bajo y de valor bajo a partir de plásticos mezclados.

El plan necesita tomar en cuenta los eventuales productos que serán fabricados a partir de los materiales identificados. Los materiales pueden todavía contener concentraciones muy bajas de contaminantes plaguicidas que podrían causar daños en ciertos usos. El vidrio, el acero y el aluminio serán transformados en nuevos productos después de ser fundidos a alta temperatura. El proceso de mezclar y refinar estos materiales es suficiente para destruir cualquier residuo de plaguicida. Estos materiales pueden ser vendidos directamente en el mercado de materiales secundarios.

La situación con el plástico es diferente. Las temperaturas de fundición de los materiales plásticos son relativamente bajas y pueden ser insuficientes para destruir o quitar la contaminación del plaguicida. En este caso el plan debe garantizar que el plástico reciclado sea transformado en nuevos productos que tengan un potencial limitado de contacto con seres humanos y que no vayan a ser nuevamente reciclados, por ejemplo en conductos eléctricos. Para asegurar esto, el plan puede optar por fabricar sus propios productos.

Inactivación y degradación de plaguicidas

Para la correcta disposición de desechos de plaguicidas se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- a) La clase de sustancia.
- b) La cantidad de sustancia.
- c) La legislación vigente.
- d) Agentes de degradación o inactivación como:
 - Incineración. En el país existen varios incineradores que cumplen con la Resolución 058 de 2002 del Ministerio del Medio Ambiente y permiten la eliminación de desechos pequeños de derrames y empaques y embalajes.
 - Hidrólisis. Durante la hidrólisis un compuesto se escinde por contacto con el agua, sufriendo una reacción química en la que una parte de la molécula de la sustancia que reacciona es reemplazada por un grupo OH. La acidez del ambiente (pH) influye considerablemente en este proceso. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2000)
 - Acción microbiana. Los microorganismos del suelo degradan los plaguicidas orgánicos.
 - Luz solar. Descompone algunos plaguicidas.
 - Oxidación. El uso de uno o varios de estos procedimientos puede utilizarse para tratar adecuadamente los desechos siendo la incineración controlada la mejor opción ambiental y la más utilizada (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Asociación Nacional de Industriales, 2003).

Técnicas alternativas para la eliminación de plaguicidas en el medio ambiente

Cuando un plaguicida es liberado en el medio ambiente interacciona con los componentes bióticos y abióticos de éste, sufriendo transformaciones en su estructura, capaces de modificar profundamente sus características físico-químicas y su acción biológica. La degradación del plaguicida dará lugar a metabolitos que no necesariamente han de ser menos tóxicos que la sustancia original: La degradación puede ser parcial o total, llegando a la formación de compuestos como H₂O, CO₂, haluros, amonio, fosfatos entre otros. No obstante, la degradación de un plaguicida en campo, puede ser muy diferente a la obtenida en ensayos de laboratorio, bajo condiciones rigurosamente controladas y donde normalmente se estudia un único proceso.

Tratamientos y/o técnicas de eliminación

Los métodos de eliminación se dividen en tres categorías y se evalúan teniendo en cuenta su idoneidad para la eliminación de grandes cantidades de plaguicidas en desuso en los países en desarrollo. Los criterios principales son: la inocuidad de la tecnología para el medio ambiente, la seguridad de los trabajadores, la viabilidad técnica en lo que respecta a la destrucción de grandes cantidades de plaguicidas en desuso, la adecuación a las circunstancias habituales en los países en desarrollo y la eficacia en función de los costos.

- Métodos de eliminación que pueden ser aceptables dependiendo del tipo de producto y de las circunstancias locales:
 - ✓ Incineración a alta temperatura (Tabla 13).
 - ✓ Tratamiento químico.
 - ✓ Celdas de seguridad.
 - ✓ Almacenamiento controlado a largo plazo.

- Métodos de eliminación inadecuados para grandes cantidades de plaguicidas
 - ✓ Quema al aire libre.
 - ✓ Enterramiento o eliminación en vertederos.
 - ✓ Descarga en la red de alcantarillado.
 - ✓ Evaporación solar.
 - ✓ Aplicación a la superficie del suelo o a tierras de cultivo.
 - ✓ Inyección profunda.
 - ✓ Otros métodos concebidos primordialmente para bonificar el suelo y descontaminar aguas subterráneas (incluido el tratamiento mediante radiación ultravioleta, ozonización, intercambio de iones, precipitación o floculación, adsorción en carbón activado).
- Otras tecnologías
 - ✓ Pirólisis de energía de plasma.
 - ✓ Reducción química en fase gaseosa.
 - ✓ Proceso de oxidación con sal fundida.
 - ✓ Tratamiento de carácter metalúrgico (método del metal fundido).

Incineración a alta temperatura

La incineración es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura mediante el cual las moléculas orgánicas como los plaguicidas, se descomponen en gases y sólidos incombustibles. Con el fin de controlar la contaminación, se debe dotar al incinerador de un equipo para el lavado de los gases, como por ejemplo un depurador y/o filtros electrostáticos; y los residuos sólidos se llevan a disposición final.

Los incineradores de desechos peligrosos tienen una cámara principal para quemar desechos y un posquemador para conseguir la máxima destrucción de los subproductos orgánicos peligrosos manteniendo los gases de combustión a la temperatura apropiada.

Una incineración debidamente realizada puede en principio destruir desechos de plaguicidas con una tasa de rendimiento del 99,99 por ciento o más, sin embargo, la eficacia de la incineración depende de muchos factores, entre ellos el diseño, el control del proceso y el mantenimiento del tiempo de permanencia, la temperatura y la turbulencia correcta, el tipo de productos incinerados y la capacidad y eficacia de los dispositivos de control de la contaminación atmosférica. Un uso inapropiado de los incineradores puede dar lugar a la formación de subproductos transportados por el aire y sólidos peligrosos que representan una grave amenaza para el medio ambiente y la salud pública. Estos subproductos son a menudo más tóxicos que el producto original.

Actualmente encontramos las diversas opciones en materia de incineración a alta temperatura:

- Incinerador fijo en gran escala.
- Incinerador fijo en pequeña escala.
- Incinerador móvil.
- Homo de cemento

a) *Incinerador fijo en gran escala*

Los incineradores de desechos peligrosos en gran escala son el método preferible de eliminación para casi todos los plaguicidas en desuso. Son instalaciones construidas expresamente para incinerar desechos peligrosos. La tasa de rendimiento es de más del 99,99 por

ciento, llegando hasta el 99,99995 por ciento. En estos incineradores se pueden eliminar sólidos y líquidos, así como suelo, materiales, envases y desechos envasados contaminados.

Teniendo en cuenta que los costos de inversión inicial y los gastos de funcionamiento son muy altos, los grandes incineradores sólo se encuentran en los países industrializados adelantados.

b) Incinerador fijo en pequeña escala

Los modelos sencillos sin posquemador ni dispositivos para el lavado de los gases no son obviamente adecuados para destruir grandes cantidades de plaguicidas en desuso o cualquier cantidad de desechos que contengan cloro, fósforo, azufre o nitrógeno.

Muchos modelos sencillos no alcanzan la temperatura requerida de 1 100 °C, lo que agrava ulteriormente ese riesgo. Pueden alcanzar la temperatura requerida, pero suelen tener también una capacidad relativamente pequeña, de 1 a 2 toneladas diarias. Estos incineradores necesitan una supervisión permanente, mantenimiento y reparaciones a cargo de técnicos (contratados en países extranjeros) y los costos iniciales de inversión de un incinerador avanzado en pequeña escala y los gastos de funcionamiento adicionales son considerables.

c) Incinerador móvil

Son unidades bastante grandes con un incinerador dotado de un horno giratorio y dispositivos de control de la contaminación atmosférica. Pueden eliminar grandes cantidades de desechos líquidos y sólidos, lodos y suelo contaminado con niveles de destrucción y emisiones similares a los de los incineradores fijos en gran escala. El precio de los incineradores móviles varía entre 1,5 y 15 millones de dólares, dependiendo de la capacidad y de las prestaciones. En

ocasiones se tarda hasta seis meses en recibir en el lugar un incinerador móvil (preparación, expedición, transporte interno, montaje y ensayo) y los gastos de movilización pueden ser superiores al millón de dólares (transporte, montaje, ensayo, desmontaje y transporte. La capacidad de los modelos más pequeños es de 2 a 20 toneladas por día.

d) Incineración en horno de cemento

Un horno de cemento es un horno que gira lentamente a fin de someter por igual la cal, la arena y la arcilla a temperaturas muy altas para obtener «clinker». Para la incineración de plaguicidas sólo pueden utilizarse ciertos tipos de hornos. Es posible quemar los plaguicidas mezclándolos con el combustible o inyectándolos en la llama. Para inyectar los plaguicidas es necesario efectuar adaptaciones especiales que pueden resultar costosas. Si los plaguicidas tienen un poder calorífico alto, pueden sustituir en parte al combustible. Estos hornos pueden eliminar desechos líquidos o semilíquidos, reduciendo el gasto en combustible. Las formulaciones en polvo son difíciles de manejar pero pueden añadirse en forma de pasta o inyectarse en el horno en la pared principal. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1996)

Tabla 13. Ventadas y desventajas, relativas a la incineración.

TÉCNICA	VENTAJAS	INCONVENIENTES	CONCLUSIÓN
Incinerador fijo en gran escala	Gran capacidad. Permite quemar grandes cantidades de líquidos, sólidos, fangos y pastas, así como suelos y desechos envasados. Puede funcionar 24 horas al día. Temperatura elevada (1 200 °C); alta tasa de rendimiento, de hasta un 99,99995 por ciento; lavado de gases eficaz. Permite eliminar plaguicidas clorados sin problema	Los costos de inversión iniciales y los gastos de explotación son muy altos. Exige un volumen constante y apreciable de desechos para ser rentable. Esas cantidades no se generan habitualmente en los países en desarrollo. Su costo hace que en la práctica no sea utilizado en los pequeños países menos avanzados	El establecimiento local de un incinerador en gran escala no es una solución realista al problema de los plaguicidas en desuso en los países en desarrollo Sin embargo, la exportación de los desechos a un incinerador de este tipo de un país industrializado parece ser en muchos casos la opción más realista y preferible en lo que respecta a la eliminación

<p>Incinerador fijo en pequeña escala</p>	<p>La principal ventaja de los pequeños incineradores es que pueden instalarse en el lugar donde se generan los desechos</p>	<p>Los modelos sencillos sin depurador no son adecuados para la incineración de la mayoría de los plaguicidas, ni tampoco para grandes cantidades. Los modelos más avanzados con un depurador sencillo cuestan en horno a un millón de dólares y aun así tienen una capacidad limitada (de 100 kg a 2 toneladas al día). Con frecuencia no pueden funcionar ininterrumpidamente porque es necesario sacar las cenizas de la cámara antes de poder incinerar el lote siguiente, por lo que no son adecuados para los sólidos. Los gastos de funcionamiento son relativamente altos a causa de la baja capacidad, el elevado volumen de líquido del depurador utilizado, los residuos que sigue siendo necesario eliminar y la constante supervisión a cargo de expertos que requieren. Puede haber límites al contenido máximo de cloro de los productos</p>	<p>No es rentable para grandes cantidades de plaguicidas. Es engorroso de manejar. Es necesario confirmar la idoneidad para el medio ambiente de los distintos modelos. Muchos de ellos no son adecuados para la incineración de plaguicidas clorados. Puede constituir una solución para determinados usuarios, como los fabricantes locales de formulaciones que generan continuamente pequeñas cantidades de desechos no clorados poco peligrosos (por ejemplo, materiales y envases contaminados)</p>
<p>Incinerador móvil</p>	<p>Las unidades móviles permiten eliminar plaguicidas sólidos y líquidos, así como suelos contaminados. Tasa de rendimiento de hasta un 99,999 por ciento; cumplen casi todas las normas para emisiones atmosféricas. Llevando el incinerador al lugar donde están los desechos se evitan problemas jurídicos relacionados con el transporte internacional de dichos desechos</p>	<p>El peso y la altura de los incineradores móviles pueden impedir su uso en algunas regiones. Requieren energía eléctrica, grandes cantidades de agua dulce y sustancias químicas para el depurador y un equipo de técnicos altamente capacitados. Para algunos modelos, puede que haya límites al contenido máximo de cloro de los plaguicidas que han de incinerarse. Es necesario vigilar y eliminar de manera apropiada el líquido del depurador, las cenizas y la escoria. Antes de iniciar las operaciones deberán efectuarse estudios del impacto ambiental</p>	<p>Los incineradores móviles son una opción relativamente costosa, ya que requieren infraestructuras y servicios satisfactorios. Sólo vale la pena tomarlos en consideración si existe un volumen muy grande de productos y de suelo fuertemente contaminado que han de destruirse. Para cantidades inferiores a las 1 000 toneladas, será mucho más barato transportar los plaguicidas a un incinerador en el extranjero. El incinerador móvil puede seguir siendo poco rentable incluso para cantidades de hasta 5 000 toneladas</p>
	<p>Muchos países tienen hornos de cemento que en principio podrían utilizarse para destruir plaguicidas. No necesitan depuradores de ácidos. Pueden ser una opción eficaz, dado que se necesita una inversión relativamente</p>	<p>La mayoría de los hornos de cemento de los países en desarrollo no son adecuados para este fin. Estos modelos adecuados para eliminar líquidos, pero no suelos ni materiales contaminados. La incineración de formulaciones en polvo es posible pero difícil. Los líquidos que</p>	<p>Los hornos de cemento sólo pueden utilizarse para la eliminación de plaguicidas si se cumplen las especificaciones técnicas requeridas. Su uso sólo debe tomarse en consideración para operaciones ocasionales de eliminación y no para la incineración prolongada de</p>

Horno de cemento	modesta (de 100 000 a 150 000 dólares EE.UU.) para un sistema de introducción de desechos, al tiempo que se ahorra dinero en combustible	contienen partículas sólidas (cristales, emulsiones precipitadas) pueden causar problemas. Perturbaciones en el sistema o proceso pueden dar lugar a emisiones tóxicas. Un uso prolongado para incinerar plaguicidas puede ocasionar problemas ambientales. Es posible que haya límites al contenido máximo de cloro de los productos que pueden incinerarse	desechos peligrosos. Habida cuenta de la experiencia limitada en cuanto a su uso para este fin específico, se recomienda que, por el momento, este método sólo se emplee para formulaciones líquidas de plaguicidas no clorados. Si se cumplen todas las condiciones, los hornos de cemento pueden ofrecer una solución práctica y rentable
-------------------------	--	--	---

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1996)

e) Cenizas y escoria de incineradores

Las cenizas y la escoria resultantes de la incineración de plaguicidas a alta temperatura se consideran en principio inertes. Sin embargo, para despejar cualquier duda en lo que respecta a la composición de las sustancias, las cenizas y la escoria deberán eliminarse en un vertedero revestido, a no ser que un análisis químico haya establecido que las sustancias son totalmente inertes y que no hay riesgo de lixiviación de cualquier componente tóxico, en cuyo caso no es necesario que el vertedero esté revestido.

Tratamiento químico

El tratamiento químico puede lograr que ciertos grupos de plaguicidas sean menos tóxicos y que su almacenamiento, transporte y eliminación sean más seguros. También permite destruir algunos ingredientes activos.

a) Hidrólisis

Consiste en la reacción de una sustancia con el agua para romper los enlaces de la molécula. La hidrólisis alcalina, en la que se añade una sustancia alcalina fuerte, como hidróxido sódico, lejía o cal, puede destruir los organofosfatos y los carbamatos, reduciendo

considerablemente su actividad biológica y el peligro que representan para el medio ambiente. La hidrólisis ácida se aplica a algunos otros grupos de plaguicidas.

Aunque la hidrólisis puede afectar al ingrediente activo, por lo general no influye en los disolventes orgánicos utilizados en la formulación, por lo que sigue siendo necesario eliminar el disolvente orgánico restante de modo inocuo.

- Limitaciones
- ✓ El tratamiento químico es difícil y peligroso. El uso de sustancias químicas o procedimientos inadecuados puede dar lugar a reacciones violentas o subproductos sumamente tóxicos.
- ✓ El tratamiento químico produce por lo general un volumen mayor de desechos menos tóxicos, los cuales deben ser también eliminados.
- ✓ El tratamiento químico sólo debe ser realizado por un profesional calificado (experto químico) y aun así solo en el caso de que el tratamiento reduzca la toxicidad hasta tal punto que el residuo sea susceptible de ser eliminado por un método de fácil acceso. Si los plaguicidas han de ser exportados, no hay necesidad de un tratamiento químico avanzado.

Para decidir si el tratamiento de un producto específico es posible y recomendable, habrá que estudiar cada caso por separado. Dicha decisión requiere el asesoramiento de un experto.

b) La destoxificación

En cubetas de productos químicos, como se hace en Estados Unidos y Europa, puede reducir la toxicidad de plaguicidas altamente tóxicos, como los organofosfatos, antes del transporte. Sin embargo, el costo de la destoxificación sobre el terreno y la necesidad de técnicas

especializadas, sustancias químicas e instalaciones para el tratamiento hacen que esta opción no sea adecuada para muchos países en desarrollo. Este tratamiento puede ser una solución para cantidades relativamente pequeñas de plaguicidas, siempre que la operación sea dirigida por un experto químico. En ciertas circunstancias, se puede recurrir al tratamiento con cal o con un líquido alcalino para destoxificar un suelo contaminado con insecticidas organofosforados.

Otras tecnologías:

a) *Pirólisis de la energía de plasma*

En un soplete de plasma, la energía eléctrica se convierte en energía calorífica y se utiliza para calentar el interior de una cámara de tratamiento a 1 650 °C. El soplete funciona con corriente continua y emite una llama eléctrica llamada plasma (comparable a un relámpago). Permite eliminar los plaguicidas y sus envases. Los residuos están formados por una escoria vítrea homogénea y no lixiviable y gases que se enfrían y se depuran. Se consiguen tasas de rendimiento elevadas. La tecnología es compleja y sigue siendo muy cara.

b) *Reactor de reducción química en fase gaseosa (Ecologic)*

Este método se basa en la reacción de reducción del hidrógeno en fase gaseosa con compuestos orgánicos y clorados a temperaturas elevadas para convertir desechos peligrosos acuosos y aceitosos en un producto gaseoso rico en hidrocarburos. Los gases pasan a través de un depurador. La tasa de rendimiento varía entre un 99,9 y un 99,99999 por ciento. La tecnología se conoce también como proceso ECO LOGIC.

c) *Proceso de oxidación con sal fundida*

Esta tecnología se basa en la combinación de un tratamiento térmico y reacciones químicas para destruir desechos. Estos desechos pasan a través de un baño de sal fundida (carbonato sódico) que se mantiene a una temperatura de 900 a 1 000 °C. Se consiguen tasas de rendimiento de hasta un 99,99999 por ciento. Es un método adecuado para la destrucción de plaguicidas pero no para el tratamiento de suelos contaminados. Los residuos consisten en gases (N₂, CO₂ y O₂), vapor y sales. Entre éstas últimas se incluyen sales de sodio (por ejemplo, cloruro sódico y fosfato sódico) y óxido de hierro. Este sistema puede utilizarse también como depurador en seco para el tratamiento secundario de los gases expulsados por el incinerador. Todavía no está disponible en escala comercial. Se ha propuesto una unidad móvil de combustión con sal fundida.

d) *Procesos basados en un tratamiento metalúrgico (metal fundido)*

Los desechos pasan a través de un baño de metal fundido que se mantiene a una temperatura de 800 a 1 800 °C. Las propiedades catalíticas del metal fundido hacen que se disuelvan los enlaces moleculares, con lo que los compuestos se reducen a sus elementos individuales. Los residuos están constituidos por gases, materiales cerámicos y metales. La tecnología se encuentra en una fase de transición a la explotación comercial.

Tratamientos más usados en Colombia

Incineración a altas Temperaturas: Las tapas y los envases separados deben ser enviados a bodegas de almacenamiento. La recolección en las bodegas debe hacerse cada dos meses, de acuerdo a la programación establecida por la entidad o gremio encargado de esta actividad. Para este procedimiento se deben establecer sitios de recolección debidamente identificados, en lugares que cumplan con las normas de almacenamiento establecidas por las autoridades

competentes. De acuerdo a la capacidad máxima establecida, una vez ésta se cumpla, el material proveniente de envases plásticos es triturado por personal capacitado y entrenado utilizando la debida protección personal, para ser enviado a la industria cementera autorizada y ser incinerado de forma controlada de acuerdo a las normas ambientales existentes (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Asociación Nacional de Industriales, 2003)

Plan de manejo de los envases de plaguicidas

A menos que los envases de plaguicidas sean manejados correctamente, son peligrosos para los seres humanos y para el ambiente. Existe el peligro de que los envases vacíos puedan ser reutilizados para almacenar agua y alimentos, lo que podría provocar envenenamientos. Los envases abandonados en el ambiente pueden generar contaminación en los suelos y en las fuentes subterráneas de agua.

Un plan de manejo de envases debe garantizar que:

- Descontaminación inmediatamente después del uso.
- Se impida el uso inapropiado.
- Sea fácil para los usuarios devolverlos vacíos al proveedor del producto.

El manejo seguro y apropiado de los envases al final de su utilización es un costo externo de la comercialización y de su uso. Por lo anterior, el plan de manejo de envases debe asumir estos costos.

Envases

El diseño de un envase de plaguicida es algo importante. Un envase bien diseñado puede ayudar a:

- Minimizar los riesgos de filtraciones durante el transporte y almacenamiento.
- Minimizar la exposición de los usuarios.
- Minimizar el impacto para el ambiente al final de la vida útil del envase.

Los principales criterios para un envase bien diseñado son:

- Contener el producto e impedir que sus contenidos filtren hacia afuera durante el almacenamiento y el transporte.
- garantizar la estabilidad del producto.
- Permitir que el producto sea trasladado hacia el sistema de aplicación sin poner en peligro la salud de los usuarios o el ambiente.
- Minimizar el impacto sobre el ambiente.

Criterios de diseño para minimizar el impacto causado al ambiente por el reciclaje o la eliminación de envases vacíos

A condición que los criterios de seguridad hayan sido satisfechos, el impacto ambiental del reciclaje o la eliminación de los envases vacíos debe ser analizado. Minimizar la razón del peso del envase vacío al de uno lleno, reducirá la cantidad global de material a ser reciclado o eliminado al final de la vida útil del envase. La elección de los materiales con los que está construido el envase tiene mucha importancia para su reciclaje. Idealmente, los envases deberían estar hechos de un único material. Esto evita la necesidad de procesos costosos para reducirlo a sus componentes constitutivos.

Alternativas para envases de uso único

La forma más común para el envasado de plaguicidas, es el envase de uso único, cuyo manejo debe hacerse después del uso total de su contenido. Sin embargo, hay diseños alternativos de envases que han sido desarrollados para evitar la necesidad de reciclar o eliminar los envases vacíos, incluyendo los envases reutilizables/rellenables y los envases solubles en agua.

Envases rellenables

Los envases rellenables han sido desarrollados para aplicaciones de plaguicidas en donde hay una demanda grande y constante, y en donde los productos son utilizados relativamente cerca del sitio en donde se prepara el plaguicida. Los envases rellenables son por lo tanto apropiados solamente en casos específicos. La ventaja potencial de utilizar envases reutilizables/rellenables es que evitan el costo de fabricación de un nuevo envase y el costo de su eliminación después de cada utilización. Hay asuntos que requieren ser analizados en relación a los envases reutilizables, que incluyen:

- La permeabilidad de largo plazo del plaguicida dentro del material del envase.
- La integridad de largo plazo del envase y de la etiqueta.
- La acumulación de residuos a causa del uso repetido y del rellenado.
- La separación o cristalización.
- La homogeneidad de los residuos y del producto a ser rellenado.

Los envases rellenables solo deberían ser rellenados con la misma formulación de producto plaguicida, para evitar el riesgo de una contaminación cruzada.

Paquetes solubles en agua

Los paquetes solubles en agua son una opción para plaguicidas que se diluyen en agua antes de su aplicación. Los sacos solubles son dispuestos directamente dentro del tanque rociador en el que se disuelven y liberan su contenido. Hay dos principales ventajas:

- No hay exposición del operario a los contenidos ya que no se requiere abrir los paquetes.
- No hay que reciclar o eliminar un envase contaminado.

El envase soluble debería ser considerado como componente integral de la formulación. Los paquetes solubles requieren un empaque secundario resistente al agua para protegerlos de daños durante el almacenamiento y la distribución.

Las regulaciones de plaguicidas deberían estimular la innovación del diseño de los empaques para mejorar la seguridad del público y reducir el impacto sobre el ambiente.

Valor intrínseco de los envases

Los envases vacíos tienen un valor en algunas economías, ya que se utilizan para almacenamiento de agua y alimentos, o para ser reciclados como vajilla o herramientas.

Si no hay un control adecuado, existe el peligro que los envases de plaguicidas sean utilizados para los fines arriba mencionados, generando de ese modo problemas de salud pública debido al aprovisionamiento de agua y alimentos contaminados. Los envases de plaguicidas, por más que se limpien bien, no son apropiados para el almacenamiento de agua o alimentos. El plan de manejo de envases debe ser concebido con salvaguardas que garanticen que los envases de plaguicidas no sean utilizados de esta manera. Las salvaguardas apropiadas deberían ser:

- Instrucciones a los usuarios para limpiar inmediatamente el envase de sus contenidos después de su uso y luego dañarlo físicamente para impedir su uso posterior
- Agujerear o cortar en pedazos los envases son medios apropiados para impedir su reutilización.
- Programas de educación y comunicación, destinados a aumentar la toma de conciencia de los peligros que representan la reutilización de envases de plaguicidas para almacenar agua o alimentos.

Reutilización de envases de uso único

Los envases de plaguicidas de uso único no deberían ser reutilizados o rellenados una vez que sus contenidos han sido empleados, debido al potencial de contaminación. La única circunstancia en la que un envase puede ser rellenado es cuando se rellena con un producto idéntico que es transferido desde otro recipiente dañado.

Plan de gestión de devolución de productos post-consumo de plaguicidas

El plan de gestión de devolución de productos post-consumo de plaguicidas es un instrumento de gestión ambiental, el cual está definido por el decreto 4741 de 2005 en su artículo 3° como: “Instrumento de gestión que contiene las reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar la devolución y acopio de productos post-consumo que al desecharse se convierten en residuos peligrosos, con el fin que sean enviados a instalaciones en las que se sujetarán a procesos que permitan su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final controlada.”

Los plaguicidas se desarrollan dentro de una cadena en la cual el paso de éste por cada eslabón lo hace responsable de su adecuado manejo, por tal razón es que se hace necesaria la responsabilidad compartida.

Responsabilidad compartida

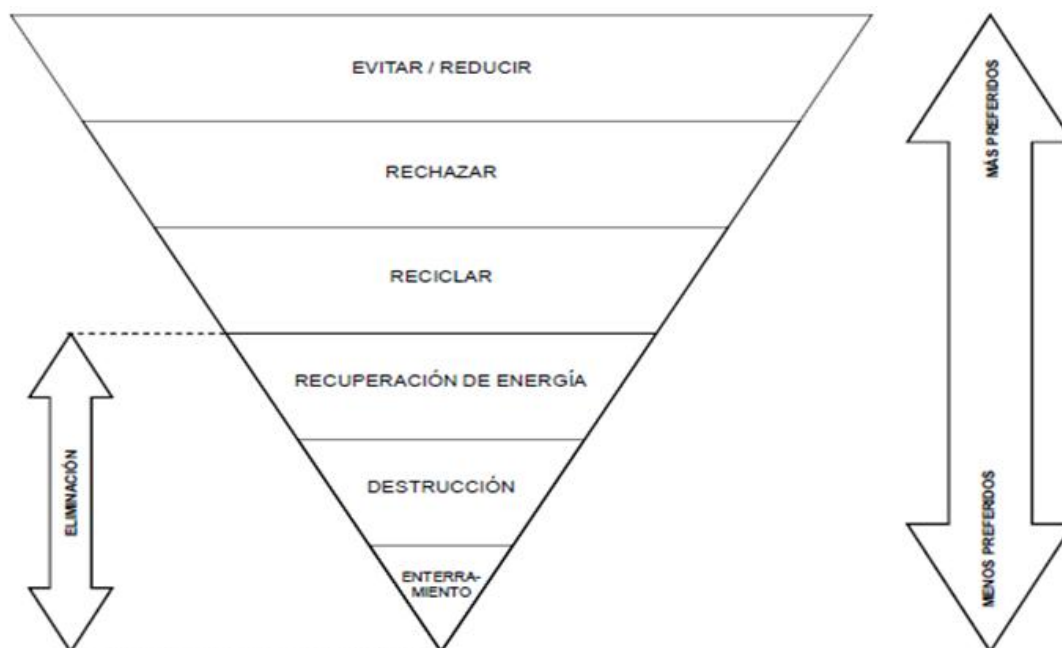
Esta responsabilidad consiste en generar un rastreo desde que el plaguicida entra al mercado por su importación y/o producción, después es distribuido a los mayoristas de todo el país, los cuales se encargan de comercializarlo a las distribuidoras minoristas, es decir a las tiendas agrícolas o agroveterinarias, encargadas de venderle al usuario final del producto que es el agricultor. (Corporación Autónoma Regional de Chivor, s.f.)

Quién realiza la importación o producción es quien debe formular y presentar ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el plan de gestión de devolución de productos post-consumo, después de ser aprobado, el importador o productor debe implementar y socializar el documento con todos sus distribuidores y comercializadores. (Corporación Autónoma Regional de Chivor, s.f.)

Acciones recomendada para el manejo de los envases de plaguicidas

La jerarquía del manejo de desechos establece un orden de prioridades para la selección de la opción más favorable de manejo de residuos (Figura 9). Las opciones más preferidas son aquellas que o no tienen impacto o tienen un impacto mínimamente negativo sobre el ambiente, mientras que las menos preferidas tienen un impacto negativo significativo. Muchos países consagran esta jerarquía en su legislación medioambiental. Esta jerarquía ha sido utilizada en esta directriz en la selección de soluciones recomendadas para envases. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2004)

Figura 9. La jerarquía en el manejo de residuos



Los siguientes ejemplos, desplazándose desde las opciones más atractivas hacia las menos atractivas, muestran las funciones de la jerarquía.

Evitar / Reducir

Utilizar menos plaguicidas por medio de la adopción del Manejo Integrado de Plagas (MIP) reduce la cantidad de desechos de los envases. También reduce la liberación de plaguicidas en el ambiente y tiene beneficios económicos para los usuarios. Utilizar envases solubles en agua evita tener envases contaminados.

Reutilizar

El uso de envases rellenables con un sistema de circuito cerrado permite que el envase sea utilizado muchas veces antes de que llegue al final de su vida útil, cuando debe ser reciclado

o eliminado. Los envases reutilizables son más atractivos porque evitan los costos medioambientales de la fabricación y eliminación de diversos envases de uso único.

Reciclaje

Reciclaje es el reprocesamiento de los materiales con los que fue construido el envase, para fabricar otros productos. El reciclaje genera algunos costos medioambientales, como el uso de energía para el reprocesamiento de los materiales, pero no hay pérdida de materiales de base. Es más interesante que las opciones en las que los materiales se destruyen o quedan inutilizados para otro uso.

Recuperación de recursos

El uso de los componentes combustibles de los materiales del envase para servir como energía en una cementera o una estación de generación de fluido eléctrico, se considera como recuperación de recursos. Los materiales del envase son destruidos pero se recupera la energía y se la utiliza para otro proceso.

Destrucción

La incineración a altas temperaturas destruye los envases y los plaguicidas contaminantes, convirtiendo los componentes químicos en subproductos menos peligrosos.

Enterramiento

Enterrar los residuos o hacer un almacenamiento permanente de los envases son ejemplos de secuestro. Los envases todavía existen, pero se impide que su peligrosidad impacte en la salud pública o el ambiente. El enterramiento puede utilizar poco espacio en el terreno, pero la tierra queda inutilizada para la agricultura.

Análisis final

Sin duda alguna evitar el consumo de plaguicidas es la alternativa que debe primar en la gestión de residuos y en las políticas públicas. La reconversión agroecológica es a lo que le debemos apostar a través de la educación para el cambio en estas prácticas que alteran y transforman nuestro ambiente.

En el abordaje agroecológico la realidad es vista de forma integrada, buscando la interacción entre los múltiples elementos que existen en el ambiente. El suelo, las plantas, los animales, el agua y todo los demás patrimonios naturales que están a nuestro alrededor, deben ser manejados respetando los límites de la naturaleza y las características de los cultivos de los agricultores. En este sentido el ser humano es parte de la naturaleza y depende totalmente de ella. (Gómez Álvarez, 2012)

Se recomiendan que se prohíba la práctica de eliminación de empaques de plaguicida por incineración o enterramiento en el lugar de su uso.

La incineración de plásticos y plaguicidas por medio de fuego no controlado no eliminará completamente los componentes peligrosos y puede generar emisiones tóxicas permanentes en el ambiente. Los únicos procesos térmicos capaces de destruir plásticos y plaguicidas son los hornos incineradores de alta temperatura con licencia de funcionamiento y los hornos de las cementeras, con controles efectivos de las emisiones. Los productos plaguicidas nunca deberían ser incinerados en la unidad de producción o en ningún otro sitio donde son utilizados. Los países deberían aplicar los principios de precaución y regular para prevenir las quemaduras de todos los empaques primarios, que estén limpios o no. (Organización de las Naciones Unidas, 2008)

Enterrar los envases lavados de plaguicidas en el lugar en que fueron utilizados no es una solución ideal. Potencialmente se utiliza poca tierra, pero puede ser un peligro para los animales. Los envases de plástico son muy estables y no se biodegradan, de modo que si se entierran, permanecerán intactos indefinidamente. Enterrar envases no es fácil debido al espacio vacío dentro de éstos y su baja densidad provoca que poco a poco regresen a la superficie de la tierra. Por ello, enterrarlos en el lugar de su uso, no es una solución viable.

Los países deberían establecer reglas en contra de esta práctica para todos los envases y desarrollar un plan de manejo de envases con más presupuesto y mayores responsabilidades, además de una cobertura en las áreas rurales, que facilite a todos los usuarios la entrega de los envases vacíos, teniendo en cuenta que en estas zonas están los principales consumidores.

Bibliografía

- Altieri, M. N. (2000). *Agroecología, Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable*. Mexico D.F.: Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- Andreu, V. a. (2004). Determination of Pesticides and their Degradation Products in soil: Critical review and comparison of Methods. *Trac Trends in Analytical Chemistry*, 772-789.
- Ardila, S. (1998). *Lineamientos de Política Ambiental para el Uso y Manejo de Plaguicidas*. Santa Fé de Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.
- Asociación Nacional de Industriales . (2012). *Programa de Manejo Responsable de Envases Vacíos de Agroquímicos*. Bogotá, Colombia: Corporación Campo Limpio.
- Asociación Nacional de Industriales. (2003). *Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola*. Colombia: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Auditoría General de la República. (2004). Auditoría analítica de gestión al uso y manejo de plaguicidas en Colombia. Bogotá.
- Bonilla Arboleda, J. (2000). *Reducción del escurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe. Informe Nacional*. Bogotá: Proyecto PNUMA/URC/CAR.
- Bustamante, U., & Campos, R. (2004). Contaminación por Plaguicidas en la región de Maule. *Panoramas Socioeconómico*, 10-20.
- Centro de Información Vigilancia y Asesoramiento Toxicológico. (s.f.). Centro de Información Vigilancia y Asesoramiento Toxicológico. Recuperado el 23 de Enero de 2014, de <http://www.civatox.com/generalidades.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Chivor. (s.f.). Manejo adecuado de los residuos peligrosos en la jurisdicción de CORPOCHIVOR. Boyacá: Fondo mixto de Cultura.
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia; Universidad Nacional de Colombia. (1998). Diagnóstico del uso y manejo de agroquímicos en los corregimientos de San Cristóbal y Santa Helena. Medellín: CORANTIOQUIA.
- Dominguez, M., Peñuela, G., & Flórez, M. (2009). Método analítico para la determinación de etilglucosida (ETU) subproducto del Mancozeb en un Andisol del Oriente Antioqueño. Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (49) 41- 48.
- E, G. M. (2002). Plaguicidas: ¿Una Alternativa Sostenible para el Medio Ambiente?. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 33(2): 82-83.
- Fajardo Sanabria, F. (1999). Revista del Icontec, (41).

- Fernandez A, D. G., Mancipe G, L. C., & C., F. A. (2010). Intoxicación por Organofosforados. *rev.fac.med* (online), 18.
- Finizio, A., Calliera, M., & Vighi, M. (2000). Rating Systems for Pesticide Risk Classification on Different Ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1 - 13.
- Garcia, G. C., & Meza, R. &. (2012). Problemática y Riesgo Ambiental por el Uso de Plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 1-10.
- Gómez Álvarez, L. (2012). Agroecología para la vida. Medellín: CORANTIOQUIA.
- Gonzalez, V. G. (2011). *Intoxicación por Plaguicidas: Casuística del hospital Universitario del caribe y de la Clinica Universitaria San Juan de Dios de Cartagena*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina. Departamento de Toxicología.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2000). Incidencia de factores sociales, económicos, culturales y técnicos en el uso de agroquímicos por pequeños productores del departamento de Antioquia. Medellín: Alianza Publicidad.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2010). Estadísticas de comercialización de plaguicidas de uso agrícola. Bogotá: Produmedios.
- Jerez B, J., Peralta A, J., Tapia F, F., Mejías B, J., Jerez M, A., & Encina T, F. (2006). *Estudios de metodologías para la evaluación e riesgo ambiental de la aplicación de plaguicidas*. Chile: Ministerio de Agricultura.
- Jimenez Cartagena, C., & Peñuela Mesa, G. A. (2011). *Pesticidas tradicionales y contaminantes emergentes en la producción hortofrutícola*. Caldas, Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista.
- Juan, P., & Font, G. (2003). Revisión de los Métodos de Determinación de Residuos de Plaguicidas Organofosforados en Alimentos. *Revista de Toxicología* , 166-175.
- Karam, M., Ramirez, G., Bustamante Montes, P., & Galvan, J. (2004). Plaguicidas y Salud de la Poblacion. *Ciencia Ergo Sum*, 11(3), 246-254.
- Loaiza, C. (2003). *Lineamientos de Política Sobre el Uso y Manejo Mesurado de Plaguicidas en el Sector Agropecuario del Departamento de Antioquia*. Medellín: Convenio Interinstitucional CEIBA, CORNARE y DAMA - ANTIOQUIA.
- Luna-Cruz, A. J.-F.-L.-A.-d. (2011). Toxicidad de cuatro Insecticidas sobre Tamarixia Triozae (Burks) (Hymenoptera:Eulophidae) y su Hospedero Bactericera Cockerelli (Sulk) (Hemiptera:Trioziidae). *Acta Zoologica Mexicana Nueva serie.Instituto de Ecologia A.C.*, 509-526.

- Martinez, J. (2009). Dertermination of pesticide transformation products: A review of extraction and detection methods. *Journal of Chromatography*, (1216) 6767-6788.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). *Inventario Nacional de existencias de plaguicidas COP*. Bogotá: Sabmartion Obregon & CIA.
- Ministerio del Medio Ambiente – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2007). *Uso Aparente de Plaguicidas en Colombia durante los años 2004-2007*. Proyecto Repar Colombia. Bogotá – Colombia: El Ministerio.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Asociación Nacional de Industriales. (2003). *Guías Ambientales para el Subsector de Plaguicidas*. Bogota: produmedios.
- Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Desarrollo Sostenible. (1998). *Lineamientos de Política Ambiental para el uso y manejo de plaguicidas*. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2000). *Informe Nacional sobre el uso y manejo de plaguicidas en Colombia, tendiente a identificar y proponer alternativas para reducir el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe*. Bogotá.
- Ministerio de Salud de Colombia. (1991). *Por el cual se Reglamenta Parcialmente los Titulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 1979 (Decreto 1843)* . Bogotá: Ministerio de la Salud.
- Montoro, Y., Moreno, R., Gomero, L., & Reyes, M. (2009). Características de Uso de Plaguicidas Químicos y Riesgos para la Salud en Agricultores de la Sierra Central del Perú. *Revista Peruna de Medicina Experimental y Salud Pública*, 466-472.
- Moreno, M., & Lopez, L. M. (Julio-Diciembre 2005). Desarrollo Agrícola y Uso de Agroquímicos en el Valle de Mexicali. *Estudios Fronterizos*, 6(12), 119-153.
- Narvaez, V. J., Palacio, B. J., & Molina, P. F. (2012). Persistencia de Plaguicidas en el Ambiente y su Ecotoxicidad. Una Revisión de los Procesos de Degradación Natural. *Gestión y Ambiente*, 15(3), 27-38.
- Organización de las Naciones Unidas. (2008). *Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas. Directrices sobre opciones de manejo de envases*. Roma, Italia: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1996). *Eliminación de grandes cantidades de plaguicidas en desuso en los países en desarrollo*. Roma: Colección FAO.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1996). *Eliminación de grandes cantidades de plaguicidas en desuso en los países en desarrollo*. Roma: Colección FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2000). *Evaluación de la contaminación del suelo, manual de referencia*. Roma: FAO.
- Organización Mundial de la Salud. (1996). *International Programme on Chemical Safety. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification*. Genova: OMS.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). Guía práctica sobre la gestión ambientalmente adecuada de plaguicidas obsoletos en los países de América Latina y el Caribe. Rel-uita, 1-25.
- Ortiz, R. (s.f). *e ciencia*. Recuperado el 28 de Abril de 2013, de <http://e-ciencia.com/recursos/monografias/ecologia/los-plaguicidas-en-mexico.html>
- Ramírez, J., & Lacasana, M. (2001). *Plaguicidas: Clasificación, Uso, Toxicología y Medición de la Exposición*. Barcelona: Universidad Pompeu Fabra.
- Reca, L. G. (1998). Agricultura, Medio Ambiente y Pobreza Rural en América Latina. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 363-394.
- Rodríguez, M. G. (2005). Plagas de las Hortalizas: Alternativas para su Manejo de Cultivo Protegido. *Revista de Protección Vegetal*, 20(1), 1-10.
- Salcedo Monsalve, A., & Melo Trujillo, O. (2005). Evaluación del Uso de Plaguicidas en la Actividad Agrícola del Departamento de Putumayo. *Ciencia de la Salud*, 168-185.
- Tabares L, J., & López A, Y. (2011). Salud y Riesgos Ocupacionales en el Manejo de Plaguicidas en Campesinos Agricultores. *Facultad Nacional de Salud Pública*, 432-444.
- Thrupp, L. A. (1988). *Cultivating Diversity: Agrobiodiversity and food security*. Washington D.C.: World Resources Institute.