

CAPITULO 7:**RIESGOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA UTILIZACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS****Introducción**

Aunque se haya mencionado en otros módulos siempre es imprescindible tomar conciencia que la aplicación de plaguicidas, como su término lo indica, conlleva un alto riesgo ya que no se trata de sustancias “inocuas”.

En general cuando se menciona al medio ambiente, generalmente se piensa en las “grandes cuestiones ambientales”: contaminación de ríos, deforestación de extensas superficies boscosas, agujero de ozono, etc. Pero debe tenerse en cuenta que el medio ambiente es absolutamente todo lo que nos rodea, incluyendo a la superficie agrícola sobre la cual se trabaja, ya que es parte activa de un todo, en el cual existen numerosas interacciones de diferentes tipos. Inclusive, debieran considerarse como parte del mismo, aún a los interiores de nuestras viviendas.

Cada vez que se hace una aplicación de agroquímicos, es preciso saber y tener en cuenta que existen infinidad de organismos, algunos dañinos, pero también muchos benéficos que pueden ser afectados por el tratamiento. Así, los productos deben ser aplicados criteriosamente, de forma tal de lograr el objetivo, pero produciendo el mínimo riesgo de perjudicar al medio. Normalmente, como ya hemos visto, las etiquetas dan información sobre algunos riesgos posibles en la aplicación del producto, lo que no implica que no existan otros. De hecho, normalmente los hay.

Por otra parte, los productos se clasifican en bandas de riesgo según su toxicidad orientada a mamíferos. Sin embargo, también debieran clasificarse de acuerdo con su nivel de “agresividad” para con el ambiente, cosa que actualmente nuestra legislación no contempla.

Puede afirmarse que el debate sobre los riesgos de los fitosanitarios para el medio ambiente comienza en el año 1962, con la publicación del libro “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson. La autora allí señala numerosos problemas ambientales relacionados con los mismos.

Aún hoy, son muchas las personas que manifiestan serios reparos hacia los agroquímicos. Pero lo concreto es que, como en la mayoría de las actividades humanas, es su uso incorrecto el que puede generar los daños. Por otra parte, es indudable que, al menos por ahora, los fitosanitarios están absolutamente integrados a nuestra forma y estilo de vida y que no nos resulta posible prescindir de ellos.

1.1. Puntos de contaminación.

La aparición de efectos indeseados, luego de una aplicación se puede producir:

- En el punto o foco de aplicación.
- Fuera de este, por “movimiento” del plaguicida.

Es muy común que se le atribuya a la segunda opción la mayoría de los casos de contaminación, pero se suelen dejar de lado situaciones particulares como:

- Derrames en el lugar de limpieza de los equipos, voluntarios o involuntarios.
- Incorrecto tratamiento o destino de los envases luego de su uso.
- Pérdidas de los envases, o derrames en el lugar de almacenamiento, sin un adecuado tratamiento posterior.
- Derrames producidos al cargar los equipos con el agroquímico, o bien al mezclar diferentes productos para su posterior uso.

Al aplicar responsablemente un producto se debe considerar:

- La existencia de zonas sensibles en el lugar de aplicación.
- La existencia de zonas sensibles cercanas al lugar de aplicación.
- Si las condiciones climáticas son adecuadas para la aplicación del pesticida.
- Qué medidas pueden adoptarse para evitar o, al menos minimizar, los riesgos climáticos.

Normalmente, como zonas sensibles se puede mencionar: lugares donde existen aguas superficiales (ríos, arroyos, zanjas, cárcavas, lagunas naturales o artificiales), lugares cercanos a los anteriores, lugares con las napas subterráneas muy cerca de la superficie, suelos muy porosos que permiten la percolación hacia las napas o lugares con riesgo cierto para la fauna natural y cercanía de reservas naturales.

1.2. Movimiento de agroquímicos

Los pesticidas pueden “desplazarse” desde su lugar de aplicación hacia otros lugares de diferentes maneras: a través del aire, a través del agua o a través del movimiento de plantas (o partes de ellas), cosas, animales o personas.

Aire: El desplazamiento de agroquímicos en el aire es conocido como “deriva”. La deriva generalmente es clasificada en dos grupos: por partículas (gotas) y por evaporación. La primera de ellas ya ha sido analizada en otros capítulos.

Generalmente los aplicadores de fitosanitarios son muy conscientes de este problema. No sucede lo mismo con aquellas personas que hacen tratamientos de saneamiento ambiental en interiores. Es muy frecuente que los productos salgan al exterior por los sistemas de ventilación (a veces forzados) y desde allí se desplacen hacia otros sitios. El destino final de todos los fumigantes (gases) siempre es el aire ya que, una vez aplicados en el lugar a tratar, se deben ventilar.

La magnitud de la deriva por evaporación depende en gran medida de la denominada “presión de vapor” del agroquímico que define su nivel de volatilidad. Un herbicida muy volátil es el 2,4-D en sus formulaciones éster. En el cuadro N° 1 se muestra en qué medida la formulación incide notoriamente en la volatilidad.

Formulación	Deriva 0 – 30 minutos	Volatilización 3-30 minutos
2,4-D Amina	3 %	0 %
2,4-D LV (isooctil éster)	3 %	< 10 %
2,4-D HV (butil éster)	3 %	>30 %

Cuadro N° 1: Volatilidad y deriva del 2,4-D según formulación. Fuente: Stephenson G.R.; Salomon K.R.

Otra manera en la cual los agroquímicos pueden movilizarse a través del aire es con la ocurrencia de “tormentas de polvo” o “tormentas de arena”. La medida en que se apliquen medidas conservacionistas del suelo, estos riesgos se minimizan.

Agua: La mayoría de los agroquímicos son fácilmente trasladados por el agua una vez que llegan a ella. El acceso se puede producir de diversas maneras: por deriva, percolado en suelo y posterior traslado, derrames o pérdidas desde los lugares de aplicación, almacenamiento, lavado o carga de equipos, inadecuado tratamiento de los envases descartables, lavados de ropas o implementos, etc.

El traslado del plaguicida a través del suelo puede producirse cuando el producto se aplica con un exceso de agua o cuando se produce una lluvia fuerte luego de su aplicación. De allí puede llegar a desagües, corrientes superficiales, lagunas, etc. Eventualmente los agroquímicos pueden llegar a las napas freáticas.

El gráfico 1 muestra en qué porcentajes de muestras tomadas sobre distintas fuentes de agua se detectó presencia de fitosanitarios

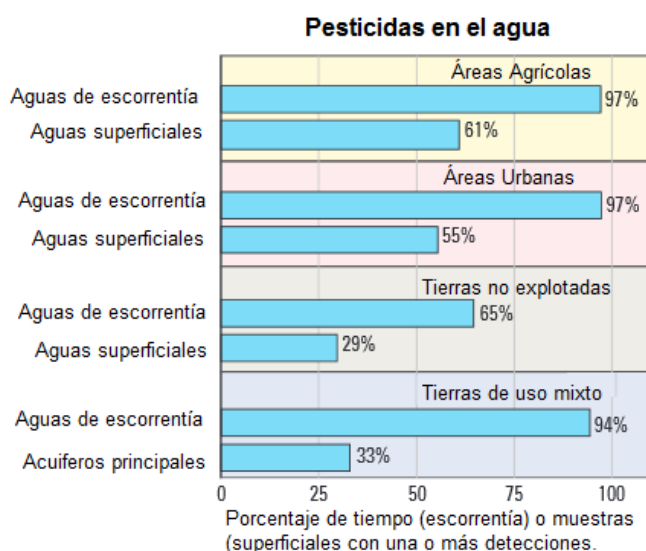


Gráfico N° 1: Plaguicidas en aguas superficiales y de escorrentía. Fuente: Pesticide in the Nation's Streams...

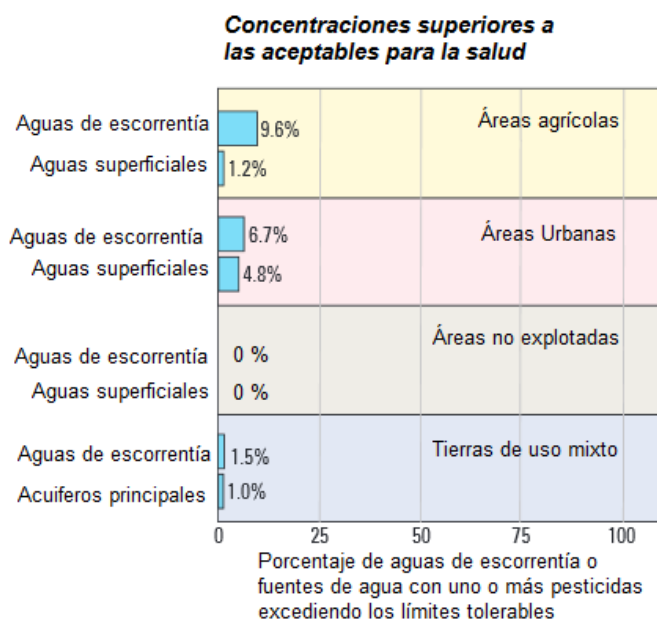


Gráfico N° 2: Plaguicidas superando los límites aceptables para la salud. Fuente ídem Gráfico N° 1.

A través de objetos, plantas, animales y personas:

Los agroquímicos pueden salir de su sitio de aplicación adheridos a cualquier organismo que se desplace sobre el cultivo tratado o que salga del mismo. El aplicador lleva restos de agroquímico en su calzado y ropas de trabajo. Al llegar a su casa estos restos pueden quedar en alfombras, muebles, camas, utensilios e, inclusive, en mascotas u otras personas.

Los animales salvajes que pasan por el cultivo tratado, también pueden ser causantes de la diseminación del plaguicida, e inclusive, víctimas de intoxicaciones. Finalmente, el agroquímico puede “salir” en el producto que se cosecha. Por ello es fundamental que se cumpla con el periodo de carencia indicado en la etiqueta. El incumplimiento del mismo constituye un delito. De todas maneras, aún cumplido el periodo de carencia, pueden quedar restos importantes del pesticida si se ha incurrido en sobredosificación.

Por contacto directo o a través de los residuos:

Son comunes los daños a organismos benéficos (abejas y otros polinizadores, predadores, etc.). También se afecta a la fauna salvaje, ya sea directamente o porque afecta a su fuente de alimentación. Es conocido el caso de aves intoxicadas por alimentarse de insectos en cultivos tratados.

Cuando se hacen campañas sobre grandes superficies (control de mosquitos o tratamientos forestales) se debe tener especial cuidado de no afectar a las plantas, animales y personas residentes en el lugar a tratar y su zona de influencia. En estos casos, normalmente se eliminan también a parásitos y predadores benéficos.

Finalmente, muchas veces se afecta a los peces y a la flora acuática. Sobre este punto, generalmente también se alerta en la etiqueta.

Se denomina “residuo” a aquella parte del agroquímico que queda en el ambiente luego de la aplicación. Normalmente los pesticidas sufren un proceso de degradación, una vez liberados, que los transforma en una serie de productos inofensivos. Pero este proceso es muy variable en su duración. Ciertos productos pueden degradarse en un día o pueden permanecer hasta un año o más, pudiendo afectar a cultivos posteriores, ya que se pueden “acumular” con los de aplicaciones posteriores. También puede suceder, que cuando se hace la carga y la limpieza de equipos siempre en el mismo lugar, se supere la capacidad de degradación de los suelos, comenzando un proceso de transferencia de agroquímicos hacia otros lugares.

Esto puede generar un fenómeno conocido como “Biomagnificación o Bioacumulación” que se puede definir como la tendencia de algunos productos químicos a acumularse a lo largo de la cadena trófica, exhibiendo concentraciones sucesivamente mayores al ascender el nivel trófico. La concentración del producto en el organismo consumidor es mayor que la concentración del mismo producto en el organismo consumido. Este proceso fue muy común durante el periodo de uso de los insecticidas clorados, como el DDT, con acumulación en los tejidos grasos animales. La bioacumulación de un agroquímico puede ser bastante predecible en función de su liposolubilidad (o de su falta de hidrosolubilidad). Esta propiedad se mide en función del llamado “Coeficiente de Partición Octanol/Agua” (Kow). Sustancias con alto Kow tendrán tendencia a bioacumularse (Stephenson – Solomon).

2. Riesgos para la Agricultura:

2.1 Fitotoxicidad:

Por fitototoxicidad se entiende cualquier tipo de daño que pueda producirse al cultivo a causa de aplicarle agroquímicos. Es el grado en que un agroquímico puede ser nocivo al cultivo al cual, supuestamente protege.

En primer lugar deben tenerse en cuenta los daños que pueden causar los herbicidas. Estos son productos diseñados específicamente para controlar malezas. Pero la presencia de herbicidas en equipos con tanques mal lavados puede ser causante de fitotoxicidad por negligencia. Puede existir fitotoxicidad por deriva de herbicidas, lo cual es un caso común.

Pero no solamente los herbicidas pueden producir fitotoxicidad; también la pueden producir los insecticidas, fungicidas y fertilizantes líquidos y coadyuvantes. Algunos síntomas característicos son: amarilleo, amarronamiento ligero o, eventualmente,

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

quemado de hojas, manchas foliares necróticas de tamaño diverso, retraso en el crecimiento, con posterior recuperación o con enanismo final.

Los daños son variables según el producto causante, la planta afectada y el momento de su ciclo vital. En general son producto de la utilización de dosis superiores a las recomendadas, las cuales afectan el mecanismo de acción del producto o modifican su vía de ingreso. Sin embargo no necesariamente son producidos por el ingrediente activo del agroquímico, puede deberse a alguno de los otros componentes (solventes, dispersantes, tensioactivos, etc.) e inclusive a impurezas presentes en el agua del caldo de pulverización (por ejemplo sales)



Figura Nº 1: Daños en Frutilla por exceso de aceite. Fuente Universidad de California

Dentro de los factores que condicionan la eventual aparición de fitotoxicidad deben tenerse en cuenta:

- Las condiciones propias de la planta. Frecuentemente aparece bajo condiciones de stress que genera una disminución en su vigor y aumenta su susceptibilidad a condiciones adversas (patógenos, insectos, etc.).
- Las condiciones climáticas: se presenta más fácilmente bajo condiciones de alta temperatura y baja humedad que favorecen una volatilidad mayor del producto.
- Tipos de suelo: cuanta mayor capacidad de adsorción y retención tenga el suelo, menores son los riesgos. Así, los mismos aumentan en suelos sueltos, con bajo contenido de materia orgánica y pH más elevado. Una alta actividad microbiana dificulta la presencia de fitotoxicidad.

Los casos de fitotoxicidad podrían ser clasificados de la siguiente manera:

- a) Directa: se refiere a plantas que son sensibles a productos determinados: Por ejemplo Hibiscus a malathión. Son casos extremadamente raros y en las etiquetas de cada producto generalmente son mencionados éstos cuando son conocidos.
- b) Por sobredosis: Es frecuente que se presente cuando en el caldo de pulverización se mezclan tres o más productos, cada uno de ellos a su dosis adecuada de trabajo

a campo. Pero la sumatoria de todos ellos actúa como una sobredosis de agroquímicos sobre las plantas.

- c) Acumulativos: Se produce cuando se aplican tratamientos con un mismo producto con demasiada frecuencia, no dando posibilidades a que el mismo se degrade.
- d) Por incorrecta ubicación: Cuando el producto toca algún lugar de la planta que no debería. Es el caso típico de los fertilizantes nitrogenados líquidos cuando tocan las hojas del cultivo.
- e) Episódico: Se presenta en algún caso, aparentemente sin antecedentes ni justificación clara. Puede deberse a cuestiones climáticas, a una mala mezcla del producto que resulta en sobredosis, a un estado especial del cultivo, etc. En ocasiones es imposible determinar la verdadera causa del episodio.

La fitotoxicidad es un fenómeno que se presenta con una frecuencia normalmente muy baja (fuentes bibliográficas presentan rangos del 1 al 3 por mil), pero aún así se justifica su prevención de acuerdo con las siguientes pautas de manejo:

- a) Limpiar adecuadamente los equipos luego de finalizar con la aplicación de un producto. Ser especialmente cuidadoso cuando se utilizan herbicidas.
- b) Usar dosis adecuadas y preferiblemente las menores dentro del rango de efectividad.
- c) No mezclar en el tanque del equipo varios productos a menos que exista experiencia clara sobre la mezcla o bien que la/s etiqueta/s lo autorice/n.
- d) No hacer aplicaciones en condiciones de excesiva temperatura (mayor a 29° C) y con baja humedad relativa.
- e) Observar que el cultivo a tratar se encuentre en condiciones óptimas de desarrollo, evitando las condiciones de stress. Si aún así fuere necesario pulverizar, hacer un ensayo sobre unas pocas plantas para observar su reacción.

2.2. Resistencia.

Desde los inicios de la agricultura el hombre ha controlado, o, al menos, ha intentado controlar, a las plagas de sus cultivos (patógenos varios, insectos y otros artrópodos, malezas y otros vertebrados). Sin embargo, solamente en los últimos 60 años se obtuvieron progresos significativos en estos sistemas de control, mediante el advenimiento de los plaguicidas sintéticos (diseñados por el hombre), que incluyen a insecticidas, herbicidas, fungicidas, rodenticidas, etc.

Con las primeras generaciones de pesticidas, como el DDT, se ganaron rápidas y resonantes batallas. Pero como sabemos ahora, la guerra estaba lejos de ganarse. Poco a poco se fue observando una declinación en la efectividad de los productos, al principio sin comprender muy bien los motivos. Así, fue preciso incrementar las dosis para llegar a iguales niveles de control. Sin embargo, con el paso del tiempo, los niveles de control declinaban cada vez más rápidamente. Hasta que llegó un momento en que se pudo determinar que esto se debía a un fenómeno que se denominó “resistencia”.

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

El primer caso de resistencia mencionado fue en el año 1908. Esto es aún antes de la aparición de los insecticidas organoclorados. A.L. Melander, en el “Journal of Economic Entomology”, menciona que ha observado una serie de insectos en laboratorio... “todavía vivos bajo una capa de pulverización seca”... de un insecticida inorgánico.

La resistencia tiene una explicación de índole genética. Cuando una población (por ejemplo, de insectos) es expuesta a un pesticida, no mueren todos los individuos, sino que algunos logran sobrevivir. Estos lo hacen porque están genéticamente predispuestos a ello. Las aplicaciones posteriores, eventualmente con mayores dosis, matarán a un número mayor de individuos, pero siempre algunos lograrán subsistir. Estos sobrevivientes transmiten esta habilidad a su descendencia. Así, en cada generación de insectos expuestos se genera una mayor proporción de individuos con capacidad de resistir. Cuando el número de insectos resistentes supera al número de insectos susceptibles, el producto deja de ser útil.

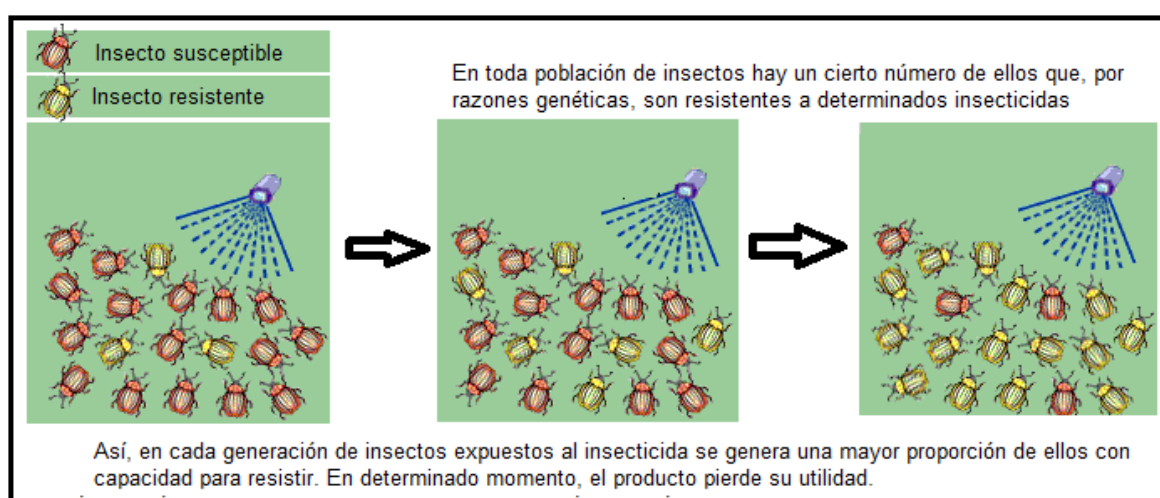


Figura Nº 2: Presión de selección de resistentes en una población de insectos. Fuente: Adaptado de Ministry of Agriculture – British Columbia - Canadá

Podría definirse a la resistencia, por lo tanto, como una reducción en la sensibilidad de una población, lo que se traduce en repetidas fallas en las aplicaciones de un producto, en ausencia de otros factores que puedan ser causa de las mismas.

Es la habilidad adquirida por una población de individuos para tolerar mayores dosis de plaguicidas que una población normal de la misma especie

Es un fenómeno pre-adaptativo, los individuos resistentes existen en bajas proporciones en todas las poblaciones naturales.

Es un fenómeno poblacional, genético y por lo tanto heredable

Es el resultado de cada interacción población plaga- plaguicidas usados para su control, y aparece como focos o cepas resistentes

Este proceso de generación de resistencia puede ser claramente visible en insectos, debido a su elevada aptitud reproductiva, lo que permite evaluar varias generaciones por año, y a la clara evidencia de individuos sobrevivientes en laboratorio, en número creciente de generación en generación. Cuanto mayor sea la cantidad de veces que se

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

expone una población a un insecticida, especialmente si es de amplio espectro, más rápidamente se generará resistencia.

Irónicamente, para producir rápidamente una población resistente, se debe partir de la base de un pesticida que inicialmente brinde un muy buen control. Cuanto menor sea el número de sobrevivientes iniciales (resistentes), más rápidamente se alcanzará la resistencia en la población.

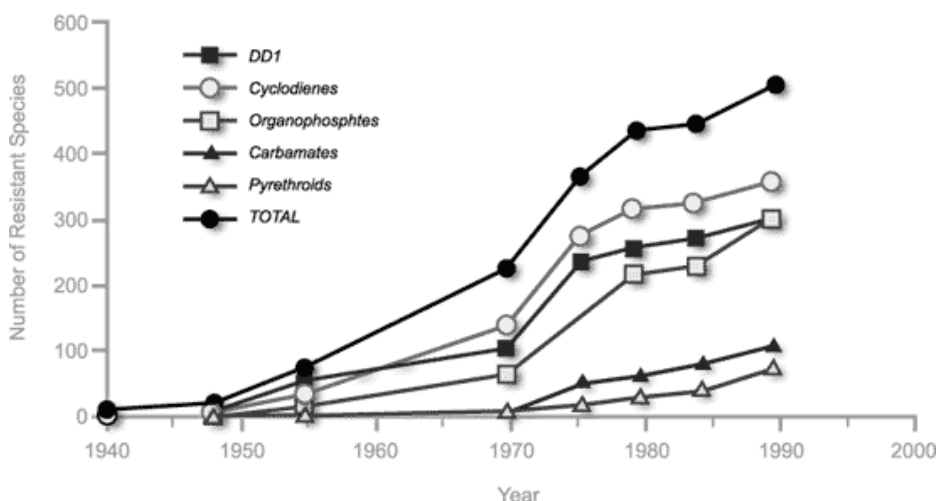


Gráfico N° 3: Aparición de Resistencia a diferentes tipos de Insecticidas. Fuente: Futuyma Douglas

En el gráfico N° 3 vemos como ha ido evolucionando la resistencia en insectos. Son muy numerosos, en la actualidad, los casos de resistencia en insectos, ácaros, malezas y diversos patógenos vegetales. En tanto, los números siguen en ascenso. Por otra parte, también se dan fenómenos de resistencia cruzada, es decir, en poblaciones que ya presentan resistencia a un pesticida, aparece resistencia a otros productos.

Ahora bien: ¿Qué se hace cuando una plaga se vuelve resistente? Históricamente, lo que se ha hecho es usar un pesticida diferente, especialmente si pertenece a un grupo químico diferente. Seguramente, no es el mejor método, ya que nuevamente aparecerá resistencia, pero al menos ha permitido ganar tiempo hasta la aparición de nuevas estrategias de manejo.

Aparece, en este punto, un aspecto preocupante. Cuando las plagas están generando más y más resistencias, se está limitando el número de pesticidas disponibles. Varias causas están llevando a esta situación, pero las principales son dos:

- El costo de desarrollar, ensayar y producir nuevos productos es sumamente significativo. Debe tenerse en cuenta que se gastan millones de dólares en desarrollo de nuevas moléculas que quizá, por diversos motivos, nunca lleguen a comercializarse.
- Se ha decidido la salida de mercado de numerosos productos ante la evidencia de que generan efectos nocivos en la salud y/o el medio ambiente. Inclusive en casos de duda, se opta por retirarlos del mercado

2.2.1. Resistencia en insectos.

2.2.1.1. Diferentes tipos de resistencia en insectos:

Normalmente se mencionan a cuatro mecanismos que permiten a los insectos generar resistencia:

a) **Resistencia metabólica:** Es el tipo de resistencia más frecuente en los insectos. Mediante este mecanismo, los insectos resistentes pueden degradar, destruir o detoxificar al insecticida, de manera más rápida que los susceptibles. Otra alternativa es que puedan eliminar más rápidamente a estos productos.

Es el tipo de mecanismo que presenta mayores dificultades para su manejo. Los insectos utilizan sus sistemas enzimáticos para degradar a los productos. Las cepas resistentes suelen poseer mayor cantidad de enzimas, o bien, éstas son más eficientes que en los individuos susceptibles. Se han detectado, además, casos en que estas enzimas tienen un espectro de actuación más amplio, por lo cual, si se aplica un segundo insecticida, solamente se tendrá éxito si el segundo compuesto es metabolizado por diferentes sistemas enzimáticos.

b) **Resistencia por alteración del blanco:** En este caso, el sitio o los sitios de anclaje del insecticida, normalmente aminoácidos, se alteran de tal manera que el producto pierde efectividad o deja de ser tóxico. Por ejemplo, el blanco para los organofosforados y los carbamatos es en la sinapsis nerviosa colinérgica. Se han identificado al menos cinco sitios con mutaciones en el lugar de acción de la colinesterasa. Además, se sabe que estos ocasionan una gradación en la sensibilidad a organofosforados y carbamatos.

c) **Resistencia por penetración.** El insecto desarrolla en su cutícula algún tipo de barrera hacia la penetración del producto. Esto tiende a protegerlos contra una amplia cantidad de insecticidas. El caso más típico que se ha detectado es el de la mosca doméstica. La resistencia por penetración suele estar asociada a otros mecanismos de resistencia.

d) **Resistencia por comportamiento:** Los insectos, de alguna manera, detectan la presencia del insecticida y logran evadirlo, evitando su contacto. Este tipo de resistencia fue detectado para muchos grupos de insecticidas, incluyendo organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides. Los insectos simplemente dejan de alimentarse, o abandonan el área donde se produjo la aplicación, con lo cual el insecticida pasa a actuar simplemente como un repelente.

2.2.1.2. Manejo de la resistencia en insectos.

El criterio básico que se debe tener en cuenta para evitar la generación de resistencia en insectos es **evitar la presión de selección que se genera por el mal uso o abuso de los insecticidas**. Este mal uso o abuso se traduce en la aparición de individuos resistentes y su

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

posterior evolución hacia poblaciones resistentes. Esto implica necesariamente utilizar manejo integrado de plagas y, cuando se aplican insecticidas, respetar ciertas normas de manejo.

Detallamos algunas pautas generales:

- a) Usar variedades resistentes a las plagas esperables. Usar variedades tempranas o tardías que puedan escapar al momento de ataque de los insectos.
- b) Con igual criterio, manejar la fecha óptima de siembra.
- c) Rotar los cultivos.
- d) Destruir a los hospedantes intermedios.
- e) Cuando se deba aplicar insecticidas, buscar aquellos que sean lo más específicos posible a fin de no afectar a la fauna benéfica. Respetar siempre las dosis y los intervalos.
- f) El IRAC (Insect Resistance Action Committee) ha clasificado a los insecticidas en diferentes grupos según su modo de acción. (Esta información se anexa a este informe). En caso de que por algún motivo sea preciso realizar más de una aplicación en un cultivo, utilizar insecticidas que pertenezcan a diferentes grupos.
- g) Si un insecticida da muy buen resultado inicial, no caer en el error usual de comenzar a utilizarlo siempre.
- h) Si por algún motivo se mezclan 2 insecticidas en el tanque, los mismos siempre deben ser de diferentes grupos IRAC.
- i) Las aplicaciones deben ser hechas en el momento adecuado, con la máquina en óptimas condiciones y cuando las condiciones ambientales permitan un efectivo tratamiento.
- j) Antes de aplicar, hacer siempre un monitoreo de la plaga y evaluar si se justifica económicamente la aplicación.

2.2.1.3. Resistencia a insectos en cultivos Bt.

Se han detectado casos de resistencia por parte de los insectos a las toxinas genéticamente incorporadas a los cultivos transgénicos Bt (*Bacillus thuringiensis*). La recomendación que se está dando a los productores en estos casos, es que se siembre solamente alrededor del 90% de la superficie con variedades de este tipo y un 10% con variedades comunes. Es lo que se conoce como “estrategia de alta dosis/refugio” como medio de retardar el surgimiento de resistencia a Bt. Esta estrategia involucra exponer una porción de la población de la plaga a plantas Bt con una concentración extremadamente alta de la toxina, mientras se mantiene otra parte de la población en un refugio donde las plagas no encuentran ninguna proteína Bt (Figura N°4). Así, los individuos con una sola copia del gen de resistencia (es decir, heterocigotas RS) tienen muy baja supervivencia sobre los cultivos Bt, similar a la de un individuo completamente susceptible (es decir, homocigota SS). Estadísticamente, las tasas de supervivencia RS en plantas Bt debe ser menor al 5% de la supervivencia esperada para individuos verdaderamente resistentes (es decir, homocigotas RR) para que la estrategia tenga éxito. En otras palabras, los pocos insectos sobrevivientes en los transgénicos se cruzarían mayormente con los insectos sobrevivientes de las variedades comunes.

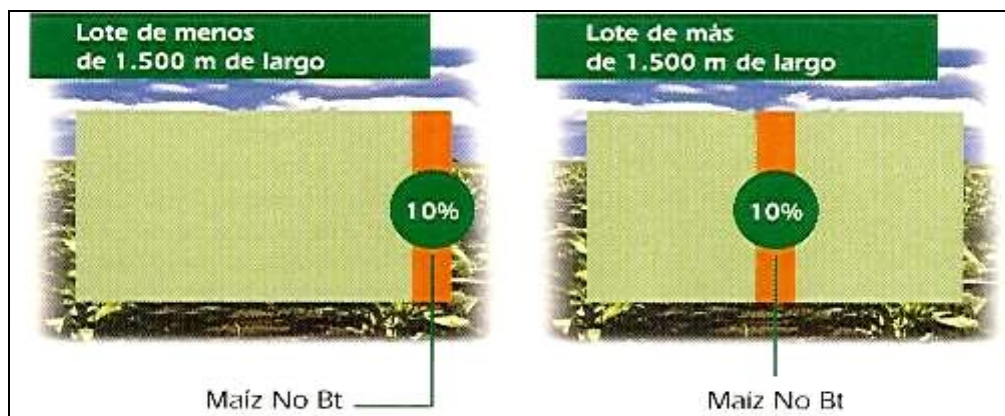


Figura nº 4: Esquema de la estrategia de “alta dosis – refugio”. Fuente ASA

En la Figura N° 5 se aprecia cómo los pocos sobrevivientes al cultivo Bt, se cruzarán con una cantidad mayoritaria de insectos susceptibles de la franja “refugio”.

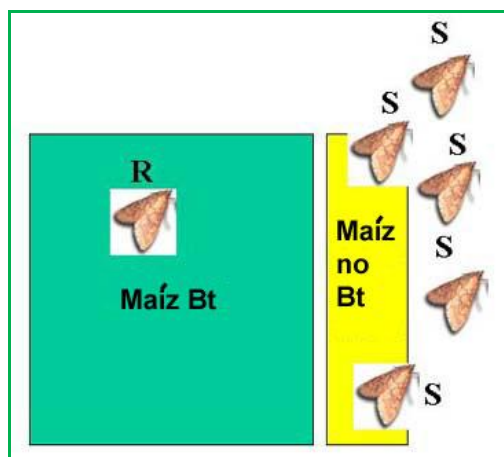


Figura 5: Cruzamiento entre resistentes provenientes del cultivo Bt y susceptibles provenientes de las franjas “refugio”. Fuente Universidad del estado de Colorado.

En nuestro sistema agrícola la aplicación de la técnica del refugio aún no cuenta con una adopción masiva ya que la misma debe ser consensuada entre los actores involucrados.

2.2.2. Resistencia a herbicidas.

El proceso de generación de resistencia a los herbicidas por parte de las malezas es, básicamente el mismo que en el caso de los insectos. La diferencia principal está dada por que cada generación demanda más tiempo y, por lo tanto, el proceso en general es más lento. Pero, en nuestro país, el monocultivo de soja, con aplicación de glifosato como principal (en muchos casos único) herbicida es un proceso altamente predisponente a la generación de resistencia.

Muchas veces a campo, se hace difícil detectar la aparición de resistencia por parte de las malezas, ya que son varios los factores que pueden afectar a una aplicación de herbicida:

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

- De aplicación: dosis inadecuadas, incorrecta mezcla del producto, falta de superposición correcta (chanchos), calidad del agua.
- Ambientales: calor excesivo, lluvias posteriores.
- De la maleza: momento inadecuado (malezas muy grandes y semilladas), excesiva infestación.

Pero la observación atenta de algunas situaciones permiten, al menos, sospechar de su existencia.

- a) El nivel de control logrado en otras especies susceptibles al herbicida.
- b) La existencia de plantas vivas al lado de otras de la misma especie muertas. Ello indicaría presencia de individuos resistentes.
- c) Declinación gradual en la eficiencia en aplicaciones de un mismo herbicida.
- d) Manchoneos de tamaño variable de una maleza sobreviviente, cuando el herbicida la afectó en otros lugares. Puede indicar poblaciones resistentes incipientes.



Figura 6: Paisaje típico de lotes infectados con malezas resistentes, donde el control químico no fue eficiente. Fuente Lanfranconi et al.

En casos en que se sospecha existencia de resistencia, lo adecuado sería recolectar semillas de la maleza en cuestión para su posterior análisis en laboratorio a fin de constatar si se trata de efectivamente de este problema. El proceso a seguir consiste en sembrar en macetas las semillas recogidas y hacer muestreos estadísticamente válidos sobre las dosis de herbicidas que esas malezas toleran.

Lamentablemente no hay en nuestro país un servicio específico para este trabajo, pero en el INTA, en las Estaciones Experimentales de Manfredi y de Oliveros se han realizado este tipo de trabajos sobre malezas con resistencia a glifosato. Se habla de tolerancia cuando la maleza soporta dosis de uso normales del herbicida en forma innata, es decir que nunca fue susceptible. En tanto que se considera resistencia cuando por presión de selección del herbicida prevalecen individuos resistentes que transmiten esta característica a su descendencia.

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

Algunas de ellas requieren de dosis de manejo tan altas que su tratamiento se hace económicamente no viable. Algunas de estas malezas son: Flor de Santa Lucía (*Commelina erecta*), Ocucha (*Parietaria debilis*), Petunia o Coroyuyo (*Petunia axilaris*), Verbena (*Verbena litoralis*), Violetilla (*Hybanthus parviflorus*), Bejucos (*Ipomea sp.*) e Iresina difusa.

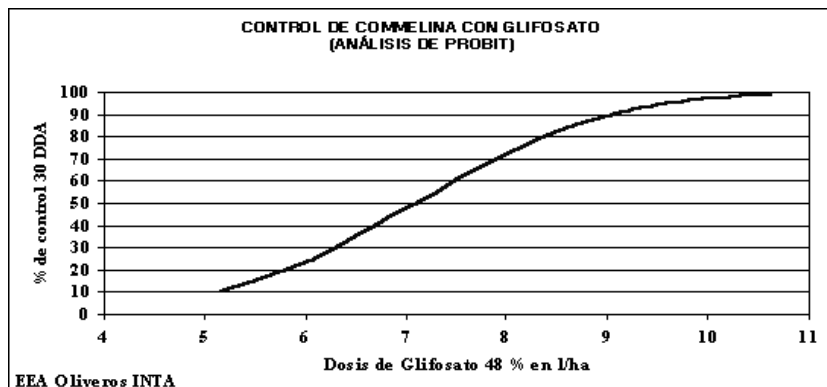


Gráfico Nº 4: Control de *Commelina erecta* con glifosato. Fuente: Papa J.C.

Por otra parte, es muy conocido ya el caso de resistencia generado en Sorgo de Alepo. Originalmente, los primeros casos detectados aparecieron en las inmediaciones de la localidad de Cornejo, a 200 km de Las Lajitas, pero esta maleza ya se ha expandido a muchos lugares del país, requiriendo dosis de 3 a 4 veces mayores que las habituales.

2.2.3. Manejo de la resistencia en malezas:

Las pautas son semejantes al caso de los insectos, pero con características propias.

- Usar herbicidas solamente cuando es necesario.
- Rotar los cultivos.
- Limpieza adecuada de los implementos agrícolas a fin de no trasladar las semillas a otros lugares.
- Usar semilla limpia de malezas.
- Vigilar permanentemente las aplicaciones de herbicidas a fin de visualizar fallas y, eventualmente, detectar casos de resistencia.
- Al igual que en el caso de los insecticidas, los herbicidas han sido clasificados en grupos según su modo de acción. En este caso el organismo responsable ha sido el HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). (La clasificación se anexa). Se recomienda, por lo tanto, alternar herbicidas de diferentes grupos y mezclar en el tanque solamente a grupos diferentes.
- Evitar el uso del herbicida al que las malezas presentan resistencia.
- Eliminar los individuos resistentes y a los manchoneos mediante otros herbicidas o mediante métodos mecánicos.

3. Riesgos para el medio ambiente.

3.1. Riesgos para la fauna:

Ya se ha comentado en el capítulo referido a Monitoreo de Plagas, la existencia de la denominada “fauna benéfica”. Se trata de una larga lista de insectos y arácnidos que son predadores de las plagas y que dentro de situaciones de equilibrio mantienen a éstas por debajo del umbral de daño económico. Afortunadamente, los nuevos agroquímicos son cada vez menos perniciosos para esta fauna benéfica. Ante la posibilidad de opción debieran priorizarse estos nuevos productos.

En cuanto a otro tipo de animales afectados, fue muy sonado el caso del aguilucho langostero. Se trata de un ave migratoria que al llegar el invierno en el hemisferio norte, desciende hasta nuestro país. Durante los veranos de 1995 y 1996, se produjo una alta mortandad de estas aves a causa de la masiva aplicación de un insecticida, el monocrotofós, altamente tóxico para los aguiluchos. El problema tuvo repercusión internacional y el producto debió ser retirado del mercado. Como consecuencia de ello, dentro del denominado “Proyecto Monitoreo Ecotoxicológico de Agroquímicos sobre la Biodiversidad en Agroecosistemas”, INTA, con el apoyo del Servicio Canadiense de Vida Silvestre, desarrolló el “Programa Calculadora de Riesgo Ecotoxicológico para Aves”. Se trata, básicamente de un software que permite, ante el caso concreto de un ataque de insectos a un cultivo, aplicar el agroquímico que por sus características y dosis, sea el menos nocivo para las aves. Hay que tener en cuenta que son precisamente las aves el grupo animal sometido a mayor riesgo por las aplicaciones agrícolas, existiendo además otras en situación de riesgo: palomas, perdices, lechuzas del campanario, tordos, jilgueros, teros, caranchos, etc.

La idea es extender las investigaciones hacia reptiles, anfibios, mamíferos, peces e invertebrados.

3.2. Riesgos para el suelo y el agua.

Cuando un pesticida es liberado en el medio ambiente sus distintas partículas pueden seguir caminos alternativos diferentes. Lo ideal es lograr que la gran mayoría de ellas sigan el camino positivo deseado al realizar la aplicación, por ejemplo, el ingreso de un herbicida dentro de la zona radicular de las malezas, proporcionando un adecuado control de las mismas.

Pero nunca todo el producto aplicado llega al blanco propuesto, cumpliendo con su función específica. Siempre hay fracciones de agroquímicos que no cumplen con este objetivo, lo que implica malgasto de producto y, lo que es peor, posibilidad de efectos indeseados. Se analizará qué sucede con las diferentes fracciones una vez que son liberados en el medio.

Los distintos procesos alternativos son: adsorción, transferencia (que a su vez incluye: deriva, escurrimiento, percolación, absorción y movimientos con el producto recolectado) y degradación y descomposición.

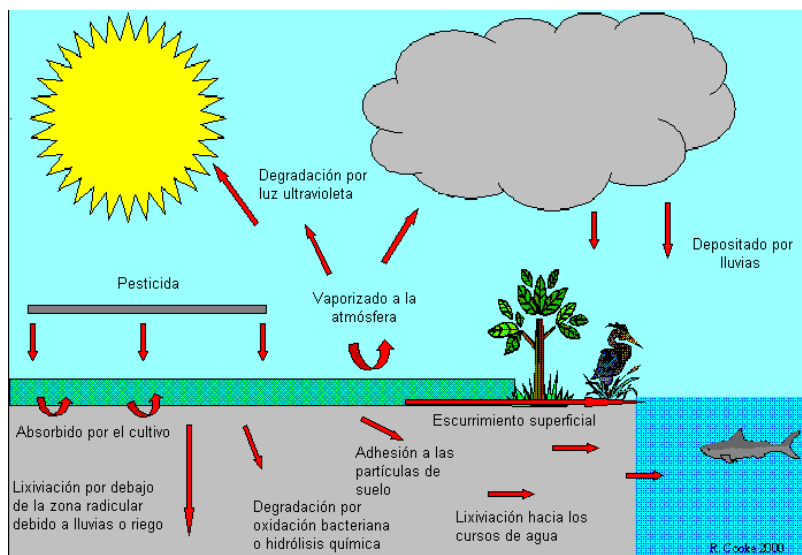


Figura Nº 7: Ciclo de los pesticidas. Adaptado de "The University of Reading"

3.2.1. Adsorción.

Es el mecanismo mediante el cual partículas de pesticida son fijados a partículas de suelo o de partes radicales de la planta quedando inmovilizados durante un tiempo variable. La cantidad de producto adsorbido depende de la textura y estructura del suelo, de su pH, de la cantidad de materia orgánica y de las características propias del agroquímico. Los pesticidas son fuertemente adsorbidos en suelos con alto contenido de arcilla y de materia orgánica. Por el contrario, cuanto más suelto sea un suelo y menor el contenido de materia orgánica, menor será el proceso de adsorción. El coeficiente de adsorción normalizado tiene en cuenta el carbono orgánico de la muestra de suelo (Koc) y lo relaciona el coeficiente de distribución (Kd) del plaguicida, ofreciendo una aproximación de la movilidad del mismo.

Koc	Movilidad estimada
0 – 50	Muy alta
50 – 150	Alta
150 – 500	Media
500 – 2000	Baja
2000 – 5000	Leve
Mayor a 5000	Inmóvil

Cuadro Nº 2: Valores de contenido de carbono orgánico del suelo y movilidad estimada de plaguicidas.

Entre los mecanismos de adsorción, el intercambio iónico tiene gran importancia. Los productos catiónicos pueden ser adsorbidos mediante cargas negativas de las arcillas y de la materia orgánica como si se tratara de otro catión. En tanto que los productos aniónicos pueden ser adsorbidos por la materia orgánica y los hidróxidos de hierro y de aluminio, en un proceso muy afectado por el pH.

Por otra parte cada sustancia tiene mayor o menor posibilidad de ser adsorbida según sus características químicas. Esto se mide mediante el denominado **Coeficiente de Partición**. El índice se determina poniendo en contacto una solución de agroquímico de concentración conocida con una masa de suelo determinada. La disminución en la concentración del producto marca la cantidad adsorbida.

Las partículas fijadas al suelo tienen menos probabilidades tanto de liberar vapores como de percolar a través del mismo. También serán menos absorbidas por las plantas. Por ello, en estos casos, dentro de las dosis de aplicación establecidas, especialmente en suelos ricos en materia orgánica y arcillas, puede ser necesario optar por los rangos más altos.

3.2.2. Mecanismos de transferencia.

a) Volatilización:

Es el proceso mediante el cual un líquido se transforma en gas. Por cuestiones prácticas también será incluido el pasaje sólido-gas (sublimación) en este proceso. El gas generado puede desplazarse del lugar de aplicación en un proceso conocido como “deriva por evaporación”. Si se trata de un herbicida se pueden causar daños en cultivos vecinos. Otros productos pueden tener efectos menos visibles.

Los pesticidas volatilizan más fácilmente desde suelos arenosos y con un cierto grado de humedad. Condiciones ambientales de alta temperatura, baja humedad relativa y presencia de vientos, también favorecen la deriva. Otro tanto sucede cuando en la aplicación se produce un gran porcentaje de gotas pequeñas. Pesticidas con alta tensión de vapor, volatilizan más fácilmente.

b) Deriva:

Es el movimiento de gotas del caldo de aplicación fuera del sitio de tratamiento. El proceso se ve afectado por:

- El tamaño de las gotas producidas.
- La velocidad del viento, temperatura y humedad.
- La distancia entre la pastilla y el blanco u objetivo.

Por deriva se pueden dañar cultivos vecinos sensibles o bien contaminarlos si están cerca de cosecha. También puede ser riesgosa para personas, animales domésticos o insectos polinizadores. Puede contaminarse el agua superficial afectando a peces u otros animales o plantas acuáticas. Además, una deriva importante puede reducir significativamente la eficiencia del tratamiento.

c) Ecurrimiento:

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

Es el movimiento de pesticidas disueltos en agua sobre una superficie que tiene una cierta pendiente. En este proceso, además, puede estar produciéndose erosión hídrica. Puede suceder con la llegada de agua (de lluvias o de riego) antes de que el producto haya sido absorbido por el suelo. El movimiento se puede dar tanto en disolución en el agua, o bien fijado a partículas de suelo que son desplazadas.

La cantidad escurrida depende de:

- La pendiente.
- El tipo de suelo.
- La cantidad y frecuencia del agua caída.
- El tipo de producto utilizado.

El escurrimiento puede contaminar corrientes de agua, lagunas, lagos y eventualmente pozos. Los residuos de pesticidas en el agua pueden afectar a plantas, animales y personas.

El escurrimiento puede reducirse mediante:

- Siembra directa o mínimas labranzas.
- Uso de curvas de nivel.
- Pequeños diques de contención.
- Cobertura vegetal en los bordes de los lotes tratados.

Las pérdidas por escurrimiento son mayores cuando se producen fuertes lluvias inmediatamente después de una aplicación. Por lo tanto se debe estar atento a esta posibilidad en caso de tener que hacer una aplicación, especialmente en lugares con riesgo de escurrimiento. También, cuando hay sistemas de riego, se debe considerar este riesgo.

d) Percolación:

Es el movimiento del pesticida a través del suelo. Este movimiento no es solamente vertical, sino que tiene componentes horizontales e inclusive ascendentes. El movimiento se ve afectado por características propias del suelo y del producto y por la interacción con el agua de lluvia o de riego.

La percolación se incrementa cuando:

- El producto es hidrosoluble.
- El suelo es suelto o arenoso.
- Hay ingreso de agua inmediatamente después de la aplicación.
- El producto no tiene gran adsorción.

Las aguas subterráneas pueden llegar a contaminarse mediante este proceso. Por lo tanto se debe ser especialmente cuidadoso en los sitios de carga y limpieza, evitando siempre el vaciado de sobrantes de agroquímicos.

En el cuadro N° 3 se pretende resumir los factores de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas:

Riesgo de Contaminación del Agua Subterránea		
	Bajo Riesgo	Alto Riesgo
Características del Pesticida		
Solubilidad en agua	Baja	Alta
Adsorción	Alta	Baja
Persistencia	Baja	Alta
Características del Suelo		
Textura	Arcilla Fina	Arena Gruesa
Contenido de Mat. Orgánica	Alto	Bajo
Macroporosidad	Pocos - Chicos	Muchos - Grandes
Profundidad Tabla de Agua	Profunda - 30 m ó más	Superficial - 6 m ó menos
Volumen de Agua		
Riego o Lluvia	Poco volumen con largos intervalos	Grandes volúmenes con intervalos cortos

Cuadro N° 3: Riesgo de contaminación del aguas subterráneas. Adaptado de: Mc Bride, D.K. – 1998 – Managing Pesticides to Prevent Groundwater Contamination – North Dakota State University Extension Service – Publicación E-979

e) Absorción:

Es el proceso de toma de los agroquímicos por parte de las plantas o microorganismos. Muchos pesticidas se descomponen una vez que son absorbidos. Los residuos, entendiendo como tales a moléculas enteras del pesticida o a sus metabolitos, pueden descomponerse o bien permanecer dentro de las plantas o microorganismos y ser nuevamente liberados al medio al morir éstos. También pueden ser retirados de las plantas con el producto cosechado (residuos).

3.2.3. Procesos de degradación y descomposición.

La descomposición es el proceso mediante el cual un pesticida, normalmente constituido por moléculas muy complejas, se transforma en sustancias simples no nocivas al medio. La degradación constituye un estado intermedio; las moléculas comienzan a formar metabolitos que aún pueden tener efectos nocivos y que deben continuar con su descomposición. Estos mecanismos se producen por acción microbiana, por reacciones químicas y por fotodescomposición a causa de la luz solar. El proceso puede durar desde horas o días hasta años, dependiendo de las condiciones medioambientales y de las características propias del producto. Los pesticidas que se descomponen muy rápidamente generalmente no producen daños al medio ambiente, pero, como contrapartida, pueden brindar el control deseado por un período de tiempo muy breve.

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

La **descomposición microbiana** es causada por microorganismo como hongos o bacterias. Tiende a incrementarse en condiciones de:

- Temperaturas altas.
- pH neutro o ligeramente ácido.
- Suelos aireados y húmedos.
- Suelos fértiles con buen contenido de materia orgánica.

La descomposición química es la degradación mediante procesos y reacciones químicas que se producen en el suelo (oxidaciones, hidrólisis, etc.). La intensidad y tipo de las mismas están influenciadas por:

- Las uniones existentes entre el suelo y los pesticidas.
- La temperatura del suelo.
- La humedad.
- El pH. Muchos agroquímicos, especialmente insecticidas organofosforados y piretroides se degradan muy rápidamente en suelos alcalinos o, inclusive, cuando el agua del caldo de pulverización tiene un pH elevado.

La fotodegradación es la “rotura” de los agroquímicos por acción de la luz solar. Todos estos productos se ven afectados por la fotodegradación, en una medida variable en función de la intensidad y espectro de la luz solar, la duración de la exposición (condiciones ambientales) y las propiedades de cada producto. Los productos que se aplican al follaje están más expuestos a este proceso que los que se incorporan al suelo.

3.2.4. Propiedades de los agroquímicos.

El destino de los pesticidas en el medio, también está influenciado por sus características específicas: solubilidad en agua, tendencia a ser adsorbidos y persistencia en el medio (vida media). Aquellos productos con alta solubilidad en agua, baja tendencia a ser adsorbidos y larga vida media tienen el mayor potencial para movilizarse con el agua y contaminar el agua subterránea y superficial. Estos tres factores son utilizados normalmente para su clasificación en cuanto al riesgo de contaminación que conllevan.

Ya hemos mencionado la adsorción y el Coeficiente de Partición. Los valores más altos de este índice, superiores a 1000, indican que se trata de productos de alta adsorción, que muy difícilmente se desplacen, a menos que lo hagan fijados a partículas de suelo en movimiento. Los valores más bajos, menores a 300 indican que se trata de productos que no adsorben y que, por lo tanto, pueden tener alta movilidad.

La solubilidad se mide en partes por millón (ppm) lo que indica cuan fácilmente pueden ser “lavados”. Productos con solubilidad menor a 1 ppm tienden a permanecer, en tanto que solubilidades mayores a 30 ppm indican lo contrario. Normalmente solubilidad y adsorción están inversamente correlacionadas: a mayor adsorción menor solubilidad y viceversa.

La persistencia se la puede definir como la permanencia de un residuo inalterado de plaguicida en algún compartimiento del medio abiótico. Esta se cuantifica en términos de vida media que indica el tiempo requerido para que un producto se reduzca en un 50%. Es decir que si la vida

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

media de un producto es 15 días, pasado ese lapso solamente quedará sin degradar el 50% del producto, a los treinta días el 25%, a los 45 días el 12,5% y así sucesivamente. Cuanto mayor sea la vida media, mayor será la posibilidad de desplazamientos.

Plaguicida	Vida Media	Plaguicida	Vida media
DDT	60,00	Picloram (H)	3,00
Atrazina (H)	2,00	Imazetapir (H)	2,00
S-Metolaclo (H)	2,00	Carbofuran (I)	1,50
Clorpirifós (I)	1,50	Clorosulfurón (H)	1,50
EPTC (H)	1,25	Permetrina (I)	1,00
Tifanato metil (F)	1,00	Rimsulfurón (H)	0,50
Dicamba (H)	0,50	2,4-D (H)	0,25
Imidacloprid (I)	0,01	Piretrinas (I)	0,01
Benomil (F)	0,01		

Cuadro N° 4: Vida media de algunos pesticidas (H=Herbicidas; I=Insecticidas; F = Fungicidas). Fuente: Stephenson - Solomon

3.2.5. Medidas de manejo para prevenir la contaminación de suelo y agua.

La prevención de la contaminación del medio ambiente precisa, básicamente, de una alta dosis de conocimiento, de los pesticidas y de sus características, así como también de los mecanismos de transferencia de los mismos con posterioridad a su aplicación, así como también del criterioso uso de estos conocimientos. Pero fundamentalmente, es necesaria una alta dosis de responsabilidad social, ya que todos los procesos que puedan contaminar al medio ambiente, necesariamente implican una merma en la calidad de vida de la sociedad en su conjunto. Se detallarán, a continuación, algunos aspectos, que es necesario tener en cuenta.

- Evaluación previa. Establecer el grado de vulnerabilidad del área. Observar la cercanía de aguas superficiales, no solamente en cuanto a arroyos, ríos, lagos o lagunas sino también de las simples y comunes zanjales de drenaje de todos los campos. Inexorablemente esas aguas terminan en cursos mayores. Observar el grado de las pendientes teniendo en cuenta la posibilidad de lluvias posteriores.
- Condiciones del suelo: Básicamente evaluar textura, estructura y contenido de materia orgánica a fin de evaluar en qué medida el agua puede desplazarse en el suelo y cuál es el potencial de adsorción.
- Cuando hay cursos de agua, establecer las denominadas “zonas buffer”. Esto implica respetar una cierta distancia entre el sitio pulverizado y estos cursos.
- Adoptar todas las medidas tendientes a evitar la deriva (que se incluyen en otro módulo). Se tiende a creer que la deriva solamente importa cuando se aplican herbicidas. Esto no es así.

Autor: Ramiro Cid – Instituto de Ingeniería Rural – 7 de Julio de 2014

Los insecticidas o fungicidas pueden dejar residuos no permitidos sobre cultivos próximos a cosecha o inclusive afectar el agua y la salud de animales y personas.

- e) Conocer, para la zona donde se está trabajando, cual es la profundidad de la “tabla de agua”, es decir el nivel superior de las aguas subterráneas que constituyen acuíferos.
- f) Familiarizarse con los pesticidas y conocer cuáles son aquellos que presentan mayor riesgo de contaminación ambiental, por su alta solubilidad, prolongada vida media y baja adsorción.
- g) Tener en cuenta el grado de toxicidad de cada producto. Ante la presencia de opciones, elegir el menos tóxico aunque no sea el más barato.
- h) Respetar absolutamente todas las indicaciones de la etiqueta.
- i) Hacer las aplicaciones en el momento adecuado.
- j) Mantener a los equipos de aplicación en buen estado y adecuadamente calibrados.
- k) Ser cuidadosos con los derrames y evitar la posibilidad de retrosifón.
- l) Capacitar permanentemente a los aplicadores a cargo.
- m) Hacer un adecuado tratamiento de los envases (en otros módulos se trata el triple lavado y el Programa Agrolimpio).
- n) Ser especialmente cuidadoso en la limpieza del equipo y en el manejo de los sobrantes de aplicaciones.

Bibliografía:

- *Gillion et al (Revisado febrero 2007) - Pesticides in the Nation's Streams and Ground Water – 1992-2001. Capítulo 1 – Overview of Findings and Implications pp6. USGS Science for a changing World – USGS Circular 1291. Pubs.usgs.gov/circ/2005/1291/*
- *Stephenson. G.R.; Solomon K.R. -2013 – Plaguicidas y ambiente. Editorial UCR. ISBN 978-9968-46-352-2. Versión Español Carazo Rojas E.*
- *Universidad de California (sin indicación de autor). Strawberry Disorders. Identification and Management. Ucanr.edu/sites/sdim/Chemical_Injury/Neem_Oil_and_Soap/*
- *Ministry of Agriculture- British Columbia – Canadá – About Pesticides. Resistance management. http://www.al.gov.bc.ca/pesticides/a_4.htm*
- *Futuyma Douglas; Insect Pests: Resistance and Management. State University of New York .*
- *Universidad de Colorado State. Cultivos Transgénicos: Introducción y Guía a Recursos. http://cls.casa.colostate.edu/cultivostransgenicos/sp_current.html*
- *The University of Reading – Pesticides. <http://www.ecifm.rdg.ac.uk/pesticides.htm>*
- *www.asa.org.ar – Manejo del Maíz Bt. Gacetilla de Difusión del Programa de Productividad Sustentable Refugio, de la Asociación de Semilleros Argentinos – Año 2003.*
- *Lanfranconi L., Bragachini M., Peiretti J., Sanchez F.; Guía de Limpieza de Cosechadora entre Cambio de Lotes. INTA – Precop. <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/Avance-Malezas-Resistentes.asp>*
- *Papa Juan Carlos. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas – INTA – EEA Oliveros. <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2014/03/MALEZAS-TOLERANTES-y-RESISTENTES-A-HERBICIDAS.pdf>*

Capítulo 7–Anexo I – Clasificación IRAC de los Insecticidas según su modo de acción.

The IRAC Mode of Action Classification v 3.3, October 2003

Group	Sub-group	Primary Target Site of Action	Chemical Sub-group or exemplifying Active Ingredient
1 *	A	Acetylcholine esterase inhibitors	Carbamates
	B		Organophosphates
2 *	A	GABA-gated chloride channel antagonists	Cyclodiene organochlorines
	B		Fipronil (or Phenylpyrazoles?)
3		Sodium channel modulators	Pyrethroids, Pyrethrins, DDT
4 *	A	Nicotinic Acetylcholine receptor agonists / antagonists	Neonicotinoids
	B		Nicotine
	C		Cartap, Bensultap
5		Nicotinic Acetylcholine receptor agonists (not group 4)	Spinosyns
6		Chloride channel activators	Avermectins, Milbemycins
7 *	A	Juvenile hormone mimics	Juvenile hormone analogues
	B		Fenoxycarb
	C		Pyriproxyfen
8 *	A	Compounds of unknown or non-specific mode of action (fumigants)	Methyl bromide
	B		Aluminium phosphide
	C		Sulfuryl fluoride
9 *	A	Compounds of unknown or non-specific mode of action (selective feeding blockers)	Cryolite
	B		Pymetrozine
	C		Flonicamid
10 *	A	Compounds of unknown or non-specific mode of action (mite growth inhibitors)	Clofentezine, Hexythiazox
	B		Etoxazole
11 *	A1	Microbial disruptors of insect midgut membranes (includes transgenic crops expressing <i>Bacillus thuringiensis</i> toxins)	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i>
	A2		<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>sphaericus</i>
	B1		<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i>
	B2		<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>
	C		<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>tenebrionensis</i>
12 *	A	Inhibitors of oxidative phosphorylation, disruptors of ATP formation	Diafenthiuron
	B		Organotin miticides
13		Uncoupler of oxidative phosphorylation via disruption of H ⁺ proton gradient	Chlorfenapyr, DNOC
14		Inhibition of magnesium-stimulated ATPase	Propargite
15		Inhibitors of chitin biosynthesis, type 0, Lepidopteran	Benzoylureas
16		Inhibitors of chitin biosynthesis, type 1, Homopteran	Buprofezin

17		Inhibitors of chitin biosynthesis, type 2, Dipteran	Cyromazine
18		Ecdysone agonist / disruptor	Diacylhydrazines
19		Octopaminergic agonist	Amitraz
20		Site II electron transport inhibitors	Hydramethylnon, Dicofol
21		Site I electron transport inhibitors	METI acaricides, Rotenone
22		Voltage-dependent sodium channel blocker	Indoxacarb
23		Inhibitors of lipid synthesis	Tetronic acid derivatives
24		Site III electron transport inhibitors	Acequinocyl, Fluacrypyrim
25		Neuroactive (unknown mode of action)	Bifenazate
26		Unknown mode of action	Azadirachtin

HRAC: Herbicide classification

HRAC Group	Mode of Action	Chemical Family	Active Ingredient	WSSA Group
A	Inhibition of acetyl CoA carboxylase (ACCase)	Aryloxyphenoxy-propionate 'FOPs'	clodinafop-propargyl cyhalofop-butyl diclofop-methyl fenoxaprop-P-ethyl fluazifop-P-butyl haloxyfop-R-methyl propaquizafop quizalofop-P-ethyl	1
		Cyclohexanedione 'DIMS'	alloxydim butoxydim clethodim cycloxydim <i>profoxydim</i> sethoxydim <i>tepraloxyn</i> tralkoxydim	
B	Inhibition of acetolactate synthase ALS (acetohydroxyacid synthase AHAS)	Sulfonylurea	amidosulfuron azimsulfuron bensulfuron-methyl chlorimuron-ethyl chlorsulfuron cinosulfuron cyclosulfamuron ethametsulfuron-methyl ethoxysulfuron flazasulfuron flupyr-sulfuron-methyl-Na foramsulfuron halosulfuron-methyl <i>imazosulfuron</i> iodosulfuron mesosulfuron metsulfuron-methyl nicosulfuron <i>oxasulfuron</i> primisulfuron-methyl prosulfuron pyrazosulfuron-ethyl rimsulfuron sulfometuron-methyl	2

			sulfosulfuron thifensulfuron-methyl triasulfuron tribenuron-methyl trifloxysulfuron triflusulfuron-methyl <i>tritosulfuron</i>	
		Imidazolinone	imazapic imazamethabenz- methyl imazamox imazapyr imazaquin imazethapyr	
		Triazolopyrimidine	cloransulam-methyl diclosulam florasulam flumetsulam <i>metosulam</i> <i>penoxsulam</i>	
		Pyrimidinyl(thio)benzoate	bispyribac-Na pyribenzoxim <i>pyriftalid</i> pyrithiobac-Na <i>pyriminobac-methyl</i>	
		Sulfonylaminocarbonyl-triazolinone	flucarbazone-Na propoxycarbazine-Na	
HRAC Group	Mode of Action	Chemical Family	Active Ingredient	WSSA Group
C1	Inhibition of photosynthesis at photosystem II	Triazine	ametryne atrazine cyanazine desmetryne <i>dimethametryne</i> prometon prometryne propazine simazine simetryne terbumeton terbuthylazine <i>terbutryne</i> trietazine	5
		Triazinone	hexazinone metamitron metribuzin	
		Triazolinone	amicarbazone	

		Uracil	bromacil <i>lenacil</i> terbacil	
		Pyridazinone	pyrazon = chloridazon	
		Phenyl-carbamate	desmedipham phenmedipham	
C2	Inhibition of photosynthesis at photosystem II	Urea	<i>chlorobromuron</i> chlorotoluron <i>chloroxuron</i> dimefuron diuron <i>ethidimuron</i> <i>fenuron</i> fluometuron (see F3) isoproturon <i>isouron</i> linuron methabenzthiazuron <i>metobromuron</i> metoxuron monolinuron <i>neburon</i> siduron tebuthiuron	7
		Amide	propanil <i>pentanochlor</i>	
C3	Inhibition of photosynthesis at photosystem II	Nitrile	<i>bromofenoxim</i> bromoxynil ioxynil	6
		Benzothiadiazinone	bentazon	
		Phenyl-pyridazine	pyridate <i>pyridafof</i>	
D	Photosystem-I-electron diversion	Bipyridylum	diquat paraquat	22
HRAC Group	Mode of Action	Chemical Family	Active Ingredient	WSSA Group
E	Inhibition of protoporphyrinogen oxidase (PPO)	Diphenylether	acifluorfen-Na bifenox <i>chlomethoxyfen</i> <i>fluoroglycofen-ethyl</i> fomesafen <i>halosafen</i> lactofen oxyfluorfen	14
		Phenylpyrazole	<i>fluazolate</i> pyraflufen-ethyl	

		N-phenylphthalimide	cinidon-ethyl flumioxazin flumiclorac-pentyl	
		Thiadiazole	fluthiacet-methyl <i>thidiazimin</i>	
		Oxadiazole	oxadiazon oxadiargyl	
		Triazolinone	azafenidin <i>carfentrazone-ethyl</i> <i>sulfentrazone</i>	
		Oxazolidinedione	<i>pentoxazone</i>	
		Pyrimidindione	<i>benzfendizone</i> butafenacil	
		Other	<i>pyraclostrobin</i> <i>proflumazone</i> flufenpyr-ethyl	
F1	Bleaching: Inhibition of carotenoid biosynthesis at the phytoene desaturase step (PDS)	Pyridazinone	norflurazon	12
		Pyridinecarboxamide	diflufenican picolinafen	
		Other	beflubutamid fluridone flurochloridone flurtamone	
F2	Bleaching: Inhibition of 4-hydroxyphenyl- pyruvate-dioxygenase (4-HPPD)	Triketone	mesotrione sulcotrione	27
		Isoxazole	<i>isoxachlortole</i> isoxaflutole	
		Pyrazole	benzofenap pyrazolynate pyrazoxyfen	
		Other	<i>benzobicyclon</i>	
F3	Bleaching: Inhibition of carotenoid biosynthesis (unknown target)	Triazole	amitrole (in vivo inhibition of lycopene cyclase)	11
		Isoxazolidinone	clomazone	13
		Urea	fluometuron (see C2)	
		Diphenylether	aclonifen	

G	Inhibition of EPSP synthase	Glycine	glyphosate <i>sulfosate</i>	9
H	Inhibition of glutamine synthetase	Phosphinic acid	glufosinate-ammonium <i>bialaphos = bilanaphos</i>	10
HRAC Group	Mode of Action	Chemical Family	Active Ingredient	WSSA Group
I	Inhibition of DHP (dihydropteroate) synthase	Carbamate	asulam	18
K1	Microtubule assembly inhibition	Dinitroaniline	benefin = benfluralin <i>butralin</i> <i>dinitramine</i> ethalfluralin oryzalin pendimethalin trifluralin	3
		Phosphoroamidate	<i>amiprofos-methyl</i> <i>butamiphos</i>	
		Pyridine	dithiopyr thiazopyr	
		Benzamide	propyzamide pronamide <i>tebutam</i>	=
		Benzoic acid	DCPA = chlorthal- dimethyl	3
K2	Inhibition of mitosis / microtubule organisation	Carbamate	<i>chlorpropham</i> <i>propham</i> carbetamide	23
K3	Inhibition of VLCFAs (see Remarks) (Inhibition of cell division)	Chloroacetamide	acetochlor alachlor butachlor	15
			<i>dimethachlor</i> dimethanamid metazachlor metolachlor <i>pethoxamid</i>	
			pretilachlor propachlor <i>propisochlor</i> thenylchlor	
		Acetamide	<i>diphenamid</i> napropamide <i>naproanilide</i>	
		Oxyacetamide	flufenacet mefenacet	
		Tetrazolinone	fentrazamide	

		Other	anilofos <i>cafenstrole</i> <i>piperophos</i>	
L	Inhibition of cell wall (cellulose) synthesis	Nitrile	dichlobenil <i>chlorthiamid</i>	20
		Benzamide	isoxaben	21
		Triazolocarboxamide	<i>flupoxam</i>	
		Quinoline carboxylic acid	quinclorac (for monocots) (also group O)	26
HRAC Group	Mode of Action	Chemical Family	Active Ingredient	WSSA Group
M	Uncoupling (Membrane disruption)	Dinitrophenol	<i>DNOC</i> <i>dinoseb</i> dinoterb	24
N	Inhibition of lipid synthesis - not ACCase inhibition	Thiocarbamate	butylate cycloate <i>dimepiperate</i> EPTC esprocarb molineate <i>orbencarb</i> pebulate prosulfocarb thiobencarb benthiocarb <i>tiocarbazil</i> triallate vernolate	8
		Phosphorodithioate	bensulide	
		Benzofuran	<i>benfuresate</i> ethofumesate	
		Chloro-Carbonic-acid	<i>TCA</i> <i>dalapon</i> <i>flupropanate</i>	26
O	Action like indole acetic acid (synthetic auxins)	Phenoxy-carboxylic-acid	clomeprop 2,4-D 2,4-DB dichlorprop = 2,4-DP MCPA MCPB mecoprop = MCPP = CMPP	4
		Benzoic acid	chloramben dicamba TBA	

		Pyridine carboxylic acid	clopyralid fluroxypyr picloram triclopyr	
		Quinoline carboxylic acid	quinclorac (also group L) quinmerac	
		Other	benazolin-ethyl	
P	Inhibition of auxin transport	Phthalamate Semicarbazone	naptalam diflufenzopyr-Na	19
HRAC Group	Mode of Action	Chemical Family	Active Ingredient	WSSA Group
R		...	...	
S	...	...	...	
.	...	...	...	
Z	Unknown Note: While the mode of action of herbicides in Group Z is unknown it is likely that they differ in mode of action between themselves and from other groups.	Arylamino propionic acid	Flamprop-M-methyl /- isopropyl	25
		Pyrazolium	difenzoquat	26
		Organoarsenical	DSMA MSMA	17
		Other	<i>bromobutide</i> <i>(chloro)-flurenol</i>	27
			cinmethylin	
			<i>cumyluron</i>	
			dazomet	
			<i>dymron</i> = <i>daimuron</i> <i>methyl-dimuron</i> = <i>methyl-dymron</i> <i>etobenzanid</i> <i>fosamine</i> <i>indanofan</i> <i>metam</i> <i>oxaziclomefone</i> <i>oleic acid</i>	
			pelargonic acid pyributicarb	

Remarks:

According to information and comments following herbicides are classified in the January 2005 version in HRAC (WSSA) groups:

Capítulo 7 – Anexo III – Adsorción: Coeficiente de Partición de Algunos Agroquímicos.

Pesticide generic name (trade name)	PC
Dicamba (Banvel)	11
Aldicarb (Temik)	12
Chloramben (Amiben)	13
Picloram (Tordon)	26
Carbofuran (Furadan)	29
2,4-D	32
Captan	33
Terbacil (Sinbar)	46
Fonofos (Dyfonate)	68
Dinoseb (Premerge)	120
Monuron (Urox)	132
Simazine (Princep, Aquazine)	138
Atrazine (AAtrex)	163
Dichlobenil (Casoron)	164
Cyanazine (Bladex)	168
Alachlor (Lasso)	190
Propazine (Milogard)	207
Carbaryl (Sevin)	229
Prometone (Conquer, Pramitol)	300
Diuron (Kammex, Krovar, Velpar)	383
Propachlor (Ramrod)	420
Diazinon (Spectracide)	580
Chlorpropham (Furloe)	589
Linuron (Lorox)	863
Lindane (Lintox, Silvanol)	1161
Malathion (Cynthion)	1797
Phorate (Thimet)	3200
Terbufos (Counter)	4796
Chloroxuron (Tenoran)	4986
Methylparathion	7079
Parathion (Thiophos)	7161
Dieldrin	8400
Chloropyrifos (Lorsban)	13490
Trifluralin (Treflan)	14000
Heptachlor	24000
Chlordane	38000
DDT	243000

Estos pesticidas no tienen actividad herbicida cuando se adsorben a partículas de arcilla o materia orgánica. Están presentes pero inactivados.

Fuente: Pesticides as Potential Pollutants – Pesticides and Groundwater- Conserving Natural Resources in Illinois – University of Illinois at Urbana-Champaign – Consumer and Enviromental Sciences – Cooperation Extension Service.

Módulo 7 – Anexo IV – Vida Media de Algunos Agroquímicos.

Non-Persistent (half-life less than or equal to 30 days)	Moderately Persistent (half life greater than 30 days, less than 100 days)	Persistent (half life greater than or equal to 100 days)
Herbicides generic name (trade name)	Herbicides generic name (trade name)	Herbicides generic name (trade name)
Alachlor (Lasso) Bifenox (Modown) Butylate (Sutan+, Genate Plus) Chlorpropham (Furloe) Cyanazine (Bladex) Dicamba (Banvel) Dinoseb (Premerge) EPTC (Etam, Eradicane, Genep) Propachlor (Ramrod) Tridiphane (Tandem) Vernolate (Vernam, Reward) 2,4-D	Acifluorfen (Blazer, Tackle) Atrazine (AAtrex) Bentazon (Basagran) Chloramben (Amiben) Ethalfuralin (Sonolan) Glyphosate (Roundup, Kleenup)* Linuron (Lorox, Linex) Metolachlor (Dual) Metribuzin (Sencor, Lexone) Oryzalin (Surflan) Pendimethalin (Prowl) Simazine (Princep, Aquazine) Triclopyr (Garlon) Trifluralin (Treflan)	Bromacil (Hyvar) Fluchloralin (Basalin) Paraquat (Gramoxone)* Picloram (Tordon) Terbacil (Simbar)
Insecticides, Fungicides and Nematicides	Insecticides, Nematicides	Insecticides
Aldicarb (Temik) Captan Dizonon (Spectracide) Malathion Phorate (Thimet)	Carbaryl (Sevin) Carbofuran (Furadan) Chlorpyrifos (Lorsban) Endrin Fonofos (Dyfonate) Parathion (Niram, Parathion)	Chlordane Dieldrin Heptachlor Linadane (Isotox, Silvanol)

Fuente: ídem anexo 3.

Capítulo 7 – Anexo V – Nivel de Peligrosidad de Pesticidas en cuanto al riesgo de contaminación del agua subterránea.

Producto/Ingrediente activo (1)	Dosis Relativa por hectárea (2)	Riesgo relativo de Contaminación (3)
Aatrex, Atrazine/Atrazine (H)	M-H	M*
Accent/Nicosulfuron (H, acid)	L	M*
Ally/Metsulfuron (H, acid)	L	H*
Amber/Triasulfuron (H, acid)	L	H*
Ambush, Pounce/Permethrin (I)	L	L
Arsenal/Imazapyr (H, acid or salt)	H	H*
Asana/Esfenvalerate (I)	L	VL
Assert/Imazamethabenz, (H ester)	M	M
Assure II/Quizalofop-P (H, ester)	L	M
Authority/sulfentrazone (H)	L-M	H*
Aztec/Cyfluthrin, Tebuprimifos (I)	L	VL
Balan/Benefin (H)	H	L
Balance (H)	L	M
Banvel, Clarity/Dicamba (H, acid or salt)	M	H
Basagran/Bentazon (H, salt)	M	M
Beacon/Primisulfuron (H)	L	H*
Betanex/Desmedipham (H)	M	L
Bladex/Cyanazine (H)	H	M*
Blazer/Acifluorfen (H, salt)	M	M
Broadstrike/Flumetsulam (H, acid)	L	M*
Buctril/Bromoxynil (H, acid or ester)	M	L
Bugle, Option II, etc./Fenoxaprop (H, acid or ester)	L	VL
Butyrac/2,4-DB (H, salt)	M	H
Capture/Bifenthrin (I,A)	L	VL
Classic/Chlorimuron (H, acid)	L	H*
Cobra/Lactofen (H)	L	VL
Comite/Propargite (A)	H	L
Command/Clomazone (H)	H	M
Counter/Terbufos (I, N)	H	VL
Dimethoate (I)	M	M
Diquat/Diquat (H, salt)	M	VL
Di-Syston/Disulfoton (I,A)	H	H
Dual/Metolachlor (H)	H	M
Dyfonate/Fonofos (I)	H	L
DZN, Diazinon/Diazinon (I, A)	H	M
Eradicane/ETPC (H)	H	L
Flexstar/Fomesafen (H, salt)	M	H
Force/Tefluthrin (I)	L	VL
Fortress/Chloethoxyfos (I)	L	VL
Frontier/Dimethenamid (H)	M-H	M
Furadan/Carbofuran (I, N)	H	H
Fusilade DX/Fluazifop-P (H, ester)	L	L
Garlon, Remedy, etc./Triclopyr (H, salt or ester)	H	M

Glean/Chlorsulfuron (H, acid)	L	H*
Goal/Oxyfluorfen (H)	M	L
Gramoxone Extra, Cyclone/Paraquat (H, salt)	M	VL
Harness/Acetoachlor (H)	H	M
Hoelon/Diclofop (H, ester)	M	L
Lasso/Alachlor (H)	H	M
Lorox/Linuron (H)	H	M
Lorsban, Dursban/Chlorpyrifos (I)	H	L
Malathion/Malathion (I, A)	M	L
Matrix/Rimsulfuron (H, acid)	L	L
MCPA/MCPA (H, acid, salt or ester)	M-H	M*
Mecomec/Mecoprop (H, salt)	H	H*
Nortron SC/Ethofumesate (H)	M	M
Orthene/Acephate (I)	L	M
Peak/Prosulfuron (H, acid)	L	M
PennCap/Methyl parathion (I)	H	L
Permit/Halosulfuron (H, acid)	L	M
Pinnacle/Thifensulfuron (H, acid)	L	H*
Poast/Sethoxydim (H)	M	L*
Pramitol/Prometon (H)	H	H
Princep/Simazine (H)	H	M*
Prowl/Pendimethalin (H)	H	L
Pursuit/Imazethapyr (H, acid or salt)	L	H*
Pyramin/Pyrazon (H)	H	M
Ramrod/Propachlor (H)	H	M
Resource/Flumiclorac (H, ester)	L	L
Ro-neet/Cycloate (H)	H	L
Roundup/Glyphosate (H, acid)	M-H	VL
Scepter, Image/Imazaquin (H, acid or salt)	L	H*
Sencor, Lexone/Metribuzin (H)	M	M*
Sevin/Carbaryl (I)	H	M
Spike/Tebuthiuron (H)	H	H
Stinger, Curtail/Clopyralid (H, acid or salt)	L	H
Sutan +/Butylate (H)	H	L
Temik/Aldicarb (I, A, N)	H	H
Thimet/Phorate (I, A, N)	H	L
Thistrol/MCPB (H, salt)	M-H	M*
Tordon, Grazon/Picloram (H, salt or ester)	M-H	H*
Tough/Pyridate (H)	M-H	L
Treflan/Trifluralin (H)	H	L
Warrior/Lambda-Cyhalothrin (I)	L	VL
2,4-D/2,4-D (H, acid, salt or ester)	M-H	M*

(Adaptado de Pesticides and Groundwater – An applicator's map to guide and prevent ground water contamination. Univ. Nebraska-Lincoln.

(1) H = Herbicida I = Insecticida A = Acaricida N = Nematodocida

Acid, Salt or Ester: indican la formulación del Ingrediente Activo.

(2) L = Low (menos de 0,28 kg. de ingrediente activo por hectárea).

M = Medium (entre 0,28 y 1 kg de ingrediente activo por hectárea).

H = High (más de 1 kg de ingrediente activo por hectárea).

(3) VL = Very Low L = Low M = Medium H = High

El asterisco indica que el riesgo de contaminación se incrementa con el aumento del pH del suelo.

Las formas salinas generalmente son mas susceptibles a percolar que los ésteres.