

VIGILANCIA DE LA RESISTENCIA A PLAGUICIDAS

La resistencia a los plaguicidas es motivo de gran preocupación en la lucha contra los vectores y las plagas importantes en la salud pública: se ha documentado la resistencia generalizada a plaguicidas comunes. Este asunto despierta mucha preocupación, dado la disminución del conjunto de plaguicidas adecuados y eficaces en función de los costos y el número limitado de nuevos compuestos en preparación. Es esencial para aumentar su vida útil el uso selectivo y prudente de los compuestos existentes. La supervisión periódica de la resistencia a los plaguicidas garantizaría la eficacia continuada de los productos para la gestión de los vectores/plagas y reduciría al mínimo tanto los peligros asociados con el uso de productos "no eficaces" como el despilfarro de los limitados recursos financieros. Junto con la comprensión de los mecanismos causales que intervienen, esto permitiría la gestión adecuada de los plaguicidas y la prevención de la resistencia.

GUÍA 3

CONTESTE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS Y REALICE LOS SIGUIENTES MANDATOS

1. Escriba una breve definición de plaguicida.
2. Realice un esquema con la clasificación de los plaguicidas (solo nombres).
3. ¿A que nos referimos con método de acción?
4. ¿A que nos referimos con fin perseguido?
5. ¿A que nos referimos con grupo químico?
6. ¿A que nos referimos con propiedades físico- químicas?
7. ¿A que nos referimos con formulación?
8. ¿A que nos referimos con toxicidad?
9. Realice un esquema utilizando los diferentes grupos o familias químicas de los plaguicidas
10. Después de observar el anexo No. 1 realice un esquema relacionando los métodos de acción con las familias químicas de los plaguicidas.
11. ¿Cuál de los 4 grupos más utilizado es el más tóxico?
12. ¿Cuál de los grupos químicos es el menos toxico?
13. ¿Cuáles grupos trabajan contra el sistema nervioso?
14. Según el uso del plaguicida (población objetivo) cuales son los grupos o familias químicas sugeridos para cada caso.
15. En salud pública, ¿Qué cantidad y concentración de plaguicida debemos utilizar? Describa el método para calcular la cantidad y los parámetros para la concentración.
16. ¿Cómo se aplican los plaguicidas? Describa el procedimiento, utensilios, factores a tomar en cuenta antes de la aplicación.

PLAGUICIDAS

Según la FAO un plaguicida es:

Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicios o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la

fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte (FAO, 2002b).

CLASIFICACIÓN

Los plaguicidas se denominan de acuerdo a la plaga que controlan: los fungicidas controlan hongos, los herbicidas controlan malezas, los insecticidas controlan insectos, etc. Los plaguicidas también pueden clasificarse de acuerdo con los siguientes criterios:

Modo de acción: (i) de contacto; (ii) sistémicos; (iii) residuales; (iv) no residuales; (v) de inhalación; (vi) digestivos; (vii) de acción protectora; (viii) de acción repelente; (ix) de acción erradicante; y (x) esterilizantes.

Fin perseguido: (i) selectivos; y (ii) no selectivos.

Grupos químicos o familias químicas: (i) inorgánicos; (ii) orgánicos; y (iii) biológicos.

Propiedades físico-químicas: (i) explosivos; (ii) comburentes; (iii) extremadamente inflamables; (iv) fácilmente inflamables; e (v) inflamables.

Formulaciones: (i) formulaciones sólidas (polvo seco, granular, cebo, polvo mojable, polvo soluble, micro encapsulado y gránulos de dispersión por agua); (ii) formulaciones líquidas (concentrados emulsionables, suspensiones concentradas o floables, soluciones concentradas, concentrados líquidos para aplicaciones de ultra bajo volumen y aerosoles); y (iii) formulaciones gaseosas (fumigantes).

Grado de toxicidad: de acuerdo con el riesgo que representa su uso para los seres humanos.

MODO DE ACCIÓN

Contacto: Estos afectan a los individuos de la plaga cuando toman contacto directo con ellos. Debido a que los insecticidas de contacto precisan llegar directamente a la plaga será necesaria una mayor cantidad de gotas al momento de aplicar el producto, ya que precisará de una mayor cobertura.

Sistémicos: estos a diferencia de los anteriores, logran penetrar en la planta por lo cual al momento que el individuo ingiera una parte de ella, el mismo comenzará a funcionar. Los insecticidas sistémicos podrán aplicarse utilizando un menor número de gotas, ya que lo que se precisa es que las mismas puedan llegar al cultivo y no específicamente a la plaga.

Residuales: Algunos productos tienen la propiedad de formar una película sobre las superficies donde habitan los insectos y basta que ellos transiten por estas áreas para levantar la dosis letal, incluso varios días después de haber realizado la aplicación.

No residuales: los insecticidas no-residuales (no-persistentes) se descomponen rápidamente después de aplicarse.

Inhalación: Otra forma de ingreso del plaguicida es a través de la inhalación o en el caso de los insectos a través de sus espiráculos traqueales. Estos son productos gaseosos cuyos vapores son los que entran al organismo. Existen algunos plaguicidas que, sin ser fumigantes, son capaces de liberar vapores y eliminar a la plaga cuando están en ambientes totalmente cerrados (toxicidad por vapor).

Digestivos: Para que los plaguicidas actúen, deben primero ingresar al organismo blanco, y se describen distintas rutas o vías de acceso. En algunos casos la ruta de ingreso se relaciona con el mecanismo de acción de los plaguicidas. Cuando nos referimos a los plaguicidas que actúan por ingestión, necesariamente para que estos productos actúen, deben ser ingeridos por nuestra víctima y por tanto requieren la aprobación y degustación del producto. De esta forma, este tipo de plaguicidas

deben incluir sustancias atractivas que faciliten su consumo. Estos se presentan como cebos, polvos y líquidos.

Acción protectora: Plaguicida de acción preventiva. Sobre el área susceptible, actúa por contacto directo con las esporas, impide su germinación o afecta el tubo germinativo.

Repelentes: están diseñados para repeler las plagas no deseadas, a menudo por el gusto o el olfato.

Erradicante: plaguicida con acción protectora y curativa externa. Algunos plaguicidas pueden penetrar el tejido necrótico o capas externas de tejido, pero no son sistémicos. En las semillas ejercen su acción cuando el hongo germina o produce hifas nuevas en medios húmedos.

Esterilizante: elimina las facultades reproductivas del individuo objetivo, dejando a este vivo pero sin capacidad de reproducirse.

Atrayentes: generalmente se utilizan los atrayentes en combinación con algunos insecticidas para hacerlos más eficaces, como es el caso de algunas feromonas sexuales. En la actualidad, se han utilizado eficazmente para el monitoreo y remoción de las formas adultas de insectos en sistemas de trampeo mecánicos

FIN PERSEGUIDO

No selectivo: plaguicidas que destruyen todos los individuos presentes, es decir, son de acción total.

Selectivo: plaguicidas que destruyen a un individuo o tipos específicos de estos, pero no afectan a todos alrededor. La selectividad depende de la dosis y forma de aplicación del plaguicida.

GRUPOS QUÍMICOS O FAMILIAS QUÍMICAS

Es la clasificación de los plaguicidas de acuerdo con el grupo o estructuras químicas dominantes al cual pertenece. En este sitio también se hace referencia a los halógenos (p.e. cloro) presentes en la molécula de ciertos ingredientes activos, debido a su importancia como contaminantes.

Inorgánicos: También son conocidos como plaguicidas minerales, ya que se extraen de depósitos minerales subterráneos. Son uno de los insecticidas más antiguos y que se utilizaron por muchos años en la agricultura. Últimamente ha disminuido su uso por ser altamente tóxicos para el hombre y animales. Se utilizan poco como insecticidas y con más frecuencia los encontramos como fungicidas.

Orgánicos: Los pesticidas orgánicos son aquellos que vienen de fuentes naturales. Estas fuentes naturales usualmente son plantas, como en el caso de piretrum (piretrinas) rotenonas o rianina (insecticidas botánicos), o minerales como el ácido bórico, criolita o tierra diatomácea.

Biológicos: Los plaguicidas biológicos son productos fitosanitarios desarrollados a partir de compuestos naturales. Como tales, están libres de sustancias que puedan provocar daños a los agricultores o a los consumidores finales.

PROPIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS

Explosivos: los que pueden explotar bajo efecto de una llama o que son más sensibles a los choques o a la fricción que el dinitrobenceno.

Comburentes: un comburente u oxidante es un compuesto o sustancia que provoca o favorece la combustión. Para ello debe combinarse con un combustible bajo determinadas condiciones de presión y temperatura.

Fácilmente inflamables: aquellos plaguicidas:

Que a la temperatura normal al aire libre y sin aporte de energía pueden calentarse e incluso inflamarse.

En estado sólido, que pueden inflamarse fácilmente por la breve acción de una fuente inflamable y que continúan quemándose o consumiéndose después de retirar la fuente inflamable.

En estado líquido, que tengan un punto de inflamación inferior a 21°C.

Gaseosos, que son inflamables al aire libre a la presión normal.

Que en contacto con el agua o el aire húmedo desprenden gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.

FORMULACIONES

Formulaciones sólidas: las soluciones sólidas pueden ser divididas en dos grupos, listas para usar (polvos, gránulos y pellets) o concentraciones que deben ser mezcladas con agua para ser aplicadas posteriormente por aspersión (polvos humectables, floables secos y polvos solubles).

Polvos: La mayoría de los polvos corresponden a mezclas entre insecticidas en seco con algún tipo de polvo inerte como talcos, arcillas o cenizas. Generalmente el ingrediente activo se encuentra casi en un 100% (puro). Estos son relativamente fáciles de usar, no requieren ser mezclados ni utilizar equipos especiales para su aplicación y tienen muy buen efecto residual mientras no se alteren sus propiedades físicas.

Polvos humectables: Corresponden a polvos impregnados con insecticidas concentrados. Además, a esta mezcla se le agregan agentes humectantes y dispersantes para permitir que las partículas de polvo queden suspendidas en el líquido, no se aglomeren y queden homogéneamente distribuidas en el tanque. La mezcla total en promedio tiene alrededor de un 50% de ingrediente activo, pero pueden encontrarse formulaciones que van desde un 75% a un 15 %.

Polvos solubles: Es una formulación muy similar al Polvo Mojable, con la diferencia que el ingrediente activo y todos los otros componentes de la formulación pueden disolverse sin mayor dificultad en el agua, formando un compuesto homogéneo. Una vez que se logra la disolución completa del producto en el agua, no es necesario volver a agitarlo.

Granulados: La manufactura de las formulaciones granuladas es muy similar a la de los polvos, con la excepción que en estos el ingrediente activo se adhiere a partículas de mayor tamaño. El material sólido inerte que se utiliza puede ser arena, arcilla e incluso cáscaras de semillas u otros materiales de origen vegetal. Los gránulos presentan sólo un 15% del ingrediente activo.

Pellets: Los pellets son muy similares a los gránulos, pero difieren en su manufactura. El ingrediente activo se combina con materiales inertes hasta formar una mezcla pastosa (líquido espeso o lechada). Esta mezcla es extruída bajo presión y cortadas a una longitud deseada produciendo partículas uniformes en tamaño y forma. Los pellets normalmente son aplicados en porciones y le brinda mucha seguridad a quien las aplica. Corresponden a una formulación de elección para el caso de rodenticidas.

Cebos: La mayoría de los rodenticidas se formulan como cebos. Los cebos por lo general presentan algún atrayente o sustancia alimenticia para hacerlos atractivos para la plaga blanco, como por ejemplo estar combinados con granos o semillas como son el caso de los cebos para roedores y aves, por ser estos parte de la dieta normal de estas especies. Algunos cebos se formulan con parafina o materiales plásticos para que puedan resistir la humedad ambiental y prolongar así su vida útil.

Formulaciones líquidas: Se describen varias formulaciones líquidas que se utilizan comúnmente con bombas aspersoras en la agricultura y en el control de plagas urbanas, pero 4 son las formas más comunes.

Concentrados emulsificables: Los CE son soluciones concentradas oleosas de insecticidas (ingrediente activo) a la cual se le adicionan agentes emulsificantes (tipo detergentes), que permiten que estas “gotitas” oleosas de insecticidas queden suspendidas en el agua formando una emulsión, evitando que las gotitas de aceite y agua se separen. Los CE permiten que el ingrediente activo de base oleosa pueda ser aplicado en forma de spray utilizando el agua como medio de transporte.

Suspensiones concentradas o floables: Son la combinación de las cualidades de un concentrado emulsionable con las de un polvo mojable. En este caso tanto el ingrediente activo (que es un sólido) resulta ser insoluble en agua al igual que en solventes inorgánicos. Es este ingrediente sólido el que se muele finamente mezclándose con emulsificantes y dispersantes hasta formar una suspensión concentrada estable.

Aceites concentrados: Corresponde a una dilución gradual de un alto porcentaje de “insecticida técnico” en un solvente que pueda contener esta cantidad de solución. El resultado es un compuesto muy cremoso. La mayoría de estas formulaciones son para ser aplicadas con UBV (Ultra Bajo Volumen), u otras aplicaciones no residuales tanto en interiores como exteriores. Este tipo de formulación es más efectiva para derribar y matar insectos por contacto directo, por el componente oleoso que permite un mejor ingreso del ingrediente activo a través de las capas serosas de los mismos.

Fumigables: Los fumigantes o fumígenos, son plaguicidas que forman gases venenosos que pueden tener diferentes tipos de formulaciones y actúan principalmente ingresando por las vías respiratorias de sus víctimas. Normalmente son utilizados para tratamientos de productos almacenados o cultivos confinados en silos, bodegas, graneros, depósitos, etc. También son utilizados cuando deben abarcarse extensas áreas como edificios y barcos.

GRADO DE TOXICIDAD

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad, expresada en DL₅₀ (mg/kg)

Clase	Toxicidad	Ejemplos
Clase IA	Extremadamente peligrosos	Paratión, dieldrín
Clase IB	Altamente peligrosos	Eldrín, diclorvos
Clase II	Moderadamente peligrosos	DDT, clordano
Clase III	Ligeramente peligrosos	Malatión

La toxicidad de los plaguicidas está determinada por la ingestión de alimentos vegetales afectados por residuos de plaguicidas, alimentos animales afectados por la bioacumulación de estos residuos y la ingestión de agua directamente contaminada por estos compuestos.

GRUPOS QUÍMICOS DE LOS PLAGUICIDAS

Según la constitución química de los plaguicidas pueden clasificarse en distintos grupos, aquí solo mencionaremos los más importantes.

Organoclorados

Los organoclorados (OC) son los plaguicidas más ampliamente utilizados. Su estructura química corresponde a la de los hidrocarburos clorados, lo que les confiere una alta estabilidad física y química, haciéndolos insolubles en agua, no volátiles y altamente solubles en disolventes orgánicos. Estas características favorecen su persistencia en el ambiente y su lenta biodegradabilidad. Su vida media es de 5 años, aunque varía según el producto; por ejemplo, para el beta hexaclorociclohexano es de 3 años, para el aldrín de 6 años y para el DDT es de 30 años. El compuesto como tal o sus metabolitos

son contaminantes ubicuos de varios tejidos en humanos y de los mamíferos en general. A causa de su alta lipofilicidad tienden a acumularse principalmente en el tejido celular subcutáneo, en el componente graso de la leche materna y de la sangre. Productos representativos de este grupo son el DDT, el aldrín, el dieldrín y el endrín, así como el endosulfán y el lindano.

Tabla 3. 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, permethrin
Derivados bipiridilos	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

Organofosforado

Los compuestos organofosforados (OF), que son ésteres, amidas o tioles derivados de los ácidos fosfórico, 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

Los carbamatos (C) son otro grupo de plaguicidas que pueden ser de tres tipos principales: a) derivados de ésteres carbamatados, comúnmente usados como insecticidas; b) derivados del ácido tiocarbámico, utilizados como fungicidas, y c) carbamatos propiamente dichos, que se emplean como herbicidas. Todos ellos son

relativamente inestables, se les atribuye un tiempo corto de persistencia ambiental y cuentan con cierta selectividad. Su degradación se realiza por oxidación y sus metabolitos finales son hidrosolubles pudiendo excretarse por la orina y las heces fecales. Entre los más comunes se encuentran el lannate, el carbarilo y el carbyl.

Piretrinas y piretroides

Las piretrinas (P) son plaguicidas obtenidos por secado, molienda y pulverización de la flor del crisantemo, cuyo polvo contiene del 1 al 3% del principio activo. Las principales piretrinas son las cinerinas I y II, las jasmolinas I y II, y las piretrinas I y II, consideradas estas últimas como las de efecto más potente. Tienen una relativa selectividad, por lo que su toxicidad es baja en organismos no blanco. Las moléculas de piretrinas son neuroactivas, de baja absorción dérmica, con un metabolismo rápido y no dejan residuos en la atmósfera. Los piretroides son piretrinas sintéticas que surgen en los años cincuenta y se consideran más efectivos que aquellas. Químicamente, se dividen en dos tipos: a) sin grupo alfaciano, como el permetrín y resmetrín, y b) con grupo alfaciano, como fenvalerato, diametrín y cypermetrín. Todos son metabolizados por hidrólisis, oxidación y conjugación, con poca tendencia a acumularse en los tejidos. Además, son rápidamente degradados en el ambiente, pues, aunque se absorben masivamente por el suelo, se eliminan fácilmente con el agua.

Tiocarbamatos

Los tiocarbamatos son comúnmente formulados como suspensión en polvo, polvos líquido-absorbentes o en suspensión líquida. Se usan para proteger semillas, semilleros, plantas ornamentales, el césped, vegetales, frutas y manzanas. Los tiocarbamatos, contrario a los carbámicos N-metilo, poseen un potencial pesticida muy bajo. Varios de ellos exhiben una actividad

anticolinesterásica débil, pero la mayoría no posee un efecto significativo hacia esta enzima. En general, no posan riesgo a la salud humana tanto como los insecticidas carbámicos.

Bipiridilos

Bipiridilos Mecanismo de acción: ocasionan generación de radicales superóxido que provoca daño de la membrana celular por la peroxidación de lípidos. Son herbicidas de contacto, no selectivos, de acción rápida, con una limitada movilidad en el apoplasto. Diquat y paraquat son bipiridilos que se usan en sistemas de labranza mínima para el control de malezas antes o después de la plantación, pero generalmente antes de un 10% de emergencia del cultivo. Paraquat posee una alta toxicidad para los mamíferos (DL50 oral para ratas es de 120 mg de ión paraquat/kg de peso corporal) y su uso ha sido prohibido en un grupo de países.

Ácido fenoxiacético

El ácido fenoxiacético es una sustancia de naturaleza orgánica, formada por la reacción entre el fenol y el ácido monocloroacético en presencia de una solución de hidróxido de sodio. Son herbicidas con acción tipo hormona de crecimiento. Afectan la división celular, activando el metabolismo fosfato y modificando el metabolismo del ácido nucleico de las plantas. En cuanto a la fisiopatología algunos estudios han demostrado que: El daño de la membrana celular es dosis dependiente.

Cloronitrofenoles

Los clorofenoles son un grupo de sustancias químicas sintéticas. Hay diferentes tipos de sustancias clorofenólicas. La mayoría se mantiene en estado sólido a temperatura ambiente. La toxicidad de los clorofenoles depende del grado de cloración, de la posición de los átomos de cloro y de la pureza de la muestra. Los clorofenoles irritan los ojos y las vías respiratorias. Las dosis tóxicas de clorofenoles producen convulsiones, jadeo, coma y finalmente la muerte. Después de repetidas administraciones, las dosis tóxicas pueden afectar los órganos internos (en primer lugar, el hígado) y a la médula ósea.

Triazinas

Las triazinas son un grupo de plaguicidas que se emplean para combatir las malas hierbas en la agricultura intensiva. Desde el punto de vista químico, son derivados heterocíclicos del nitrógeno. El grupo más conocido de las triazinas son las clorotriazinas que son: simazina, propazina, atrazina, cianazina y ciprazina.

Insecticidas Reguladores del Crecimiento (RCI)

Dentro del término RCI se incluyen a todos los compuestos que de alguna manera interfieren con el desarrollo y crecimiento normal de los insectos. Normalmente, poseen baja toxicidad en mamíferos, debido a que actúan a niveles muy específicos en los insectos y artrópodos. Todos ellos parecen interferir con la formación normal de la cutícula, aunque hay algunos que aún no se les conoce muy bien el mecanismo de acción.

FAMILIAS QUÍMICAS MÁS USADAS EN EL CONTROL DE VECTORES

Después de ver las familias más comunes de plaguicidas de estas destacaremos 4 que son las más utilizadas al momento de controlar una población vectorial: organofosfatos, organoclorados, carbamatos y piretroides.

INHIBIDORES DE LA ENZIMA COLINESTERASA

La colinesterasa es una enzima crucial para la transmisión nerviosa en las uniones neuromusculares (placas motoras). La colinesterasa hidroliza la acetilcolina en ácido acético y colina, lo que pone fin a la transmisión nerviosa colinesterasa a lo largo de la sinapsis de las uniones neuromusculares.

Acetilcolina: Neurotransmisor endógeno, a nivel de la sinapsis y las uniones neuro efectoras colinérgicas en los sistemas nervioso central y periférico. La acetilcolina media el cambio potencial de la membrana para la transmisión de impulsos nerviosos.

Los plaguicidas inhibidores de la colinesterasa constituyen el más numeroso de plaguicidas. La característica común de estos plaguicidas es que inhiben específicamente la acetilcolinesterasa a nivel de la sinapsis.

Los inhibidores de las colinesterasas de los grupos organofosfatos y carbámicos se usan a gran nivel a nivel mundial, sobre todo para reemplazar los plaguicidas organoclorados persistentes.

Los compuestos organofosforados y carbamatos reaccionan con la enzima de manera similar a la acetilcolina es decir inhibe competitivamente la actividad colinesterásica siga comportándose como sustancias anti colinesterásica (permitiendo así que la acetilcolina siga ejerciendo su actividad).

ORGANOFOSFORADOS

Se utilizan como insecticidas, nematicidas, herbicidas, fungicidas, plastificantes y fluidos hidráulicos (en la industria). También son utilizados como armas químicas. Propiedades:

- Liposolubles
- Mediana tensión de vapor
- Degradables

Los insecticidas de uso doméstico que contienen compuestos organofosforados vienen en concentraciones muy bajas, generalmente es del orden del 0.5%-5%. se presentan generalmente en forma de aerosoles y cintas repelentes. Por otro lado, los compuestos de uso agrícola están formulados a altas concentraciones que varían desde 20%-70% del principio activo. su presentación es en líquido con diferentes tipos de solventes, generalmente hidrocarburos derivados del petróleo como tolueno, xileno, esto favorece la absorción del principio activo. estas presentaciones se reciben el nombre de concentrados emulsionables. Existen además presentaciones sólidas en forma de polvos, polvos humectables, gránulos, que son menos tóxicas por la forma de presentación dada a la menor absorción.

CARBÁMICOS

Existen más de 50 compuestos carbamatos conocidos: se emplean como insecticidas, fungicidas, herbicidas y nematicidas. Los carbonatos utilizados como insecticidas son alquilcarbamatos.

Los carbamatos empleados como insecticidas tienen baja presión de vapor y baja solubilidad en agua; son moderadamente solubles en benceno y tolueno y los son más en metanol y acetona. La primera etapa de su desgracia metabólica en suelo es la hidrólisis.

Su presentación más común es el polvo soluble en disolventes orgánicos, entre los más importantes plaguicidas carbámicos tenemos:

- Carbaryl o serin o metil carbamatos de a-naftilo (Dicarban).
- Propoxosur o metil carbamato de o-ixoproposifenilo (Baygon):
- Dimetam, isolam (Primina), pirolam
- Metomilo (lannate)
- Carbofurano (furadam)

- Aldicarb (temik)

ORGANOCLORADOS

Un compuesto organoclorado, hidrocarburo clorado, clorocarburo o compuesto orgánico clorado es un compuesto químico orgánico, es decir, compuesto por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual, algunos de los átomos de hidrógeno unidos al carbono, han sido reemplazados por átomos de cloro, unidos por enlaces covalentes al carbono.

Su amplia variedad estructural y las propiedades físicas divergentes conducen a una amplia gama de aplicaciones. Muchos derivados clorados son controvertidos debido a los efectos de estos compuestos en el medio ambiente y la salud humana y animal, siendo en general dañinos para los seres vivos, pudiendo llegar a ser cancerígenos. Muchos de ellos se emplean por su acción insecticida o pesticida.

Los átomos de cloro sustituyentes modifican las propiedades físicas de los compuestos orgánicos de diversas maneras. Suelen ser más densos que el agua, debido a la elevada masa atómica del cloro. Estos átomos de cloro inducen interacciones intermoleculares más fuertes que cuando poseen átomos de hidrógeno. El efecto se ilustra por la evolución de los puntos de ebullición: metano (-161,6 °C), cloruro de metilo (-24,2 °C), diclorometano (40 °C), cloroformo (61,2 °C), y tetracloruro de carbono (76,72 °C).

Muchos pesticidas contienen cloro. Algunos ejemplos notables son: DDT, dicofol, heptacloro, endosulfán, clordano, aldrin, dieldrin, endrina, lindano, mirex y pentaclorofenol. Estos pueden ser hidrofílicos o hidrofóbicos en función de su estructura molecular. Muchos de estos agentes han sido prohibidos en varios países, por ejemplo, mirex y aldrin.

Algunos tipos de compuestos organoclorados tienen una toxicidad significativa en plantas o animales, incluyendo los seres humanos. Las dioxinas se producen cuando la materia orgánica se quema en presencia de cloro, y algunos insecticidas como el DDT son contaminantes orgánicos persistentes (COP), que suponen un peligro cuando se liberan en el medio ambiente. Por ejemplo, el DDT, que fue ampliamente usado para controlar plagas de insectos a mediados del siglo XX, también se acumula en las cadenas alimentarias, y causa problemas reproductivos (como adelgazamiento de la cáscara de huevo) en determinadas especies de aves.

PIRETROIDES

Las piretrinas son compuestos naturales que tienen propiedades de insecticidas y que se encuentran en el extracto de piretro de ciertas flores de crisantemos. Las piretrinas se usan a menudo en insecticidas para uso doméstico y en productos para controlar insectos en animales domésticos o en el ganado.

Los piretroides son sustancias químicas manufacturadas de estructura muy parecida a las piretrinas, aunque son generalmente más tóxicos para los insectos y también para los mamíferos, y permanecen por más tiempo en el ambiente que las piretrinas.

Desde su descubrimiento su uso se ha ido ampliando en la medida en que los demás pesticidas eran acusados de alta residualidad, bioacumulación y carcinogénesis (organoclorados) y por otra parte el alto efecto tóxico en organismos no plaga y en mamíferos (carbamatos y organofosforados). Los piretroides, en cambio, no poseen estas desventajas y debido a las bajas cantidades de producto necesarias para combatir las plagas su costo operativo es más que conveniente.

Debido a las ventajas antes señaladas, los piretroides son actualmente una de las principales armas elegidas por los productores agropecuarios y la más importante herramienta en el combate hogareño de los mosquitos. Sus cualidades en este último campo son su alto poder de volteo y su baja acción en el hombre.

Su acción, como casi todos los insecticidas, es a nivel sistema nervioso, generando una alteración de la transmisión del impulso nervioso.

Al contrario de los organoclorados, los carbamatos y los organofosforados, no existen muchos casos de resistencia de insectos a piretroides. Sin embargo, como con todos los insecticidas, es recomendable un uso moderado de los mismos alternando los distintos tipos de insecticidas y usando las cantidades mínimas necesarias.

Aletrina, cypermetrina, permetrina, resmetrina, tetrametrina, etc. son algunos de los piretroides que han salido al mercado.

FAMILIAS QUÍMICAS PARA DISTINTOS TIPOS DE PLAGA

Los distintos tipos de plaguicida pueden ser utilizados para controlar distintos tipos de plagas, aunque algunos son más eficaces para determinadas especies y familias que otros. A continuación, se presentará una matriz con los tipos de plagas mas comunes en el control de vectores y cuales plaguicidas según su familia química son más efectivos.

Especie/ Plaga	Tipo de Fitosanitario	Plaguicida según su familia química	Ejemplos
Ratas	Rodenticidas	Carbamatos Warfarina* (anticoagulante)	AldiCarb (tres pasitos) Racumin, Latigo
Mosquitos	Insecticida	Órganofosforados (adulticidas) Piretrinas (adulticidas) Piretroides (adulticidas) Reguladores del crecimiento (S-metopreno)- Larvas	Malation y Naled Permetrina Deltametrina Pastillas para mosquitos (agua)
Moscas	Insecticida	Carbamatos Organofosforados Piretroides Organoclorados	Dismetrina Propoxur Malation y Naled Permetrina Deltametrina DDT
Cucarachas	Insecticida	Piretroide Carbamato	Cipermetrina Deltametrina Propoxur
Pulgas	Insecticida	Piretroide	Permetrina
Garrapatas	Acaricida	Fenilpirazoles (Bloqueador GABA)	Fipronil Piriprol
Aves	Avicida	Estricnina (Alcaloide)	Rodilon (también es rodenticida)

Para hablar de la aplicación de plaguicidas en el control de vectores nos fiaremos de los siguientes documentos:

Manual de Procedimientos de Vigilancia Entomológica y Manejo Integrado de Vectores, Ministerio de salud pública, 2018, Santo Domingo R.D.

Manual de formación para aplicadores y distribuidores de plaguicidas en agricultura, CONIAF, Santo Domingo, R.D.

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas por su grado de toxicidad.

Categoría	DL ₅₀ *				Descripción
	Oral		Dermal		
	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido	
Ia	5 ó menos	20 ó menos	10 ó menos	40 ó menos	Sumamente peligroso a la salud humana
Ib	5 a 50	20 a 200	10 a 100	40 a 400	Muy peligroso a la salud humana
II	50 a 500	200 a 2000	100 a 1000	400 a 4000	Moderadamente peligroso a la salud humana
III	Mayor a 500	Mayor a 2000	Mayor a 1000	Mayor a 400	Levemente peligroso a la salud humana

* DL₅₀: dosis letal 50. Es un estimado estadístico del número de mg de sustancia tóxica por kg de peso corporal requerido para matar al 50% de una población grande de animales de prueba.
Fuente: WHO (s/a)

Clasificación del modo de acción - IRAC España (Enero 2019)¹

Fisiología: ■ Nervioso y muscular ■ Crecimiento y desarrollo ■ Respiración ■ Digestivo ■ Desconocido o no específico

Grupo principal/ Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en España
1. Inhibidores de la acetilcolinesterasa. <i>Sistema nervioso</i>	1A Carbamatos	Formetanato, metiocarb, metomilo, oxamilo, pirimicarb.
	1B Organofosforados	Clorpirifos, dimetoato, etoprofós, fenamifós, fosmet, fostiazato, malatión, metil-clorpirifos, metil-pirimifós.
3. Moduladores del canal de sodio. <i>Sistema nervioso</i>	3A Piretroides Piretrinas	Acrinatrín, alfa-cipermetrín, betaciflutrín, cipermetrín, deltametrín, esfenvalerato, etofenprox, teflutrín, lambda-cihalotrín, tau-fluvalinato, zeta-cipermetrín. Piretrinas.
4. Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina. <i>Sistema nervioso</i> <i>*(Ver nota a pie de tabla)</i>	4A Neonicotinoides	Acetamiprid, clotianidina, imidacloprid, tiacloprid, tiametoxam.
	4C Sulfoximinas	Sulfoxaflor.
	4D Butenolides	<i>(Flupiradifurona).</i>
* Nota: 4A, 4C & 4D	Aunque se cree que estos compuestos tienen el mismo punto de acción, los conocimientos actuales indican que el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo.	

5. Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina – sitio I. <i>Sistema nervioso</i>	Spinosines	Spinetoram, spinosad.
6. Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato. <i>Sistema nervioso y muscular</i>	Avermectinas Milbemectinas	Abamectina, emamectina, milbemectina.
7. Miméticos de la hormona juvenil. <i>Regulación del crecimiento</i>	7B Fenoxicarb	Fenoxicarb.
	7C Piriproxifén	Piriproxifén.
8. Diversos inhibidores no específicos (multi-sitio)².	8C Fluoruros	Fluoruro de sulfurilo.
	8F Generadores de isotiocianato de metilo	Dazomet, metam.
9. Moduladores del canal TRPV de los órganos cordotonaes <i>Sistema nervioso</i>	9B Derivados de piridina azometina	Pimetrozina.
10. Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando CHS1. <i>Regulación del crecimiento</i>	10A Clofentezín Hexitiazox <i>** (Ver nota a pie de tabla)</i>	Clofentezín, hexitiazox.
	10B Etoxazol	Etoxazol.
** Nota: 10A	Clofentezín y hexitiazox han sido agrupados puesto que muestran resistencia cruzada a pesar de ser estructuralmente distintos y se desconoce el punto de acción para estos compuestos.	

Grupo principal/ Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en España
11. Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos. Sistema digestivo	11A <i>Bacillus thuringiensis</i> y las proteínas insecticidas que producen. ***(Ver nota a pie de tabla)	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> (cepa AM65-52), <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (cepas GC-91, ABTS-1857), <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (cepas ABTS-351, EG 2348, PB-54, SA-11, SA-12), <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>tenebrionis</i> (cepa NB 176).
15. Inhibidores de la biosíntesis de quitina afectando CHS1. Regulación del crecimiento	Benzoilureas	Diflubenzurón, lufenurón, triflumurón.
16. Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1. Regulación del crecimiento	Buprofezín	Buprofezín.
17. Disruptores de la muda, dípteros. Regulación del crecimiento	Ciromazina	Ciromazina.
18. Agonistas del receptor de ecdisona. Regulación del crecimiento	Diacilhidracinas	Metoxifenocida, tebufenocida.
*** Nota: 11A	Diferentes productos Bt que actúan contra distintos órdenes de insectos pueden ser usados juntos sin comprometer su manejo de la resistencia. La rotación entre ciertos productos microbianos Bt específicos puede resultar beneficiosa en el manejo de la resistencia para algunas plagas. Consulte las recomendaciones específicas del producto.	

20. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III. Metabolismo de la energía	20B Acequinocil	Acequinocil.
	20D Bifenazato	Bifenazato.
21. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I. Metabolismo de la energía	21A Acaricidas e insecticidas METI	Fenazaquín, fenpiroximato, piridabén, tebufenpirad.
22. Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje. Sistema nervioso ****(Ver nota a pie de tabla)	22A Oxadiazinas	Indoxacarb.
	22B Semicarbazonas	Metaflumizona.
23. Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa. Síntesis lipídica, regulación del crecimiento	Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico	Spirodiclofén, spiromesifén, spirotetramat.
24. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV. Metabolismo de la energía	24A Fosfinas	Fosfuro de aluminio, fosfuro de magnesio.
25. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II. Metabolismo de la energía	25A Derivados del beta-cetonitrilo	Ciflumetofén.
**** Nota: 22A & 22B	A pesar de que se cree que estos compuestos tienen el mismo punto de acción, los conocimientos actuales indican que el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo.	

Grupo principal/ Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en España
28. Moduladores del receptor de la rianodina. <i>Sistema nervioso y muscular</i>	Diamidas	Ciantraniliprol, clorantraniliprol.
29. Moduladores de los órganos cordotonales - sin punto de acción definido. <i>Sistema nervioso</i>	Flonicamid	Flonicamid.
31. Baculovirus. Virus patógenos ocluidos específicos del huésped. <i>Sistema digestivo</i> ***** <i>(Ver nota a pie de tabla)</i>	Granulovirus (GVs) Nucleopoliedrovirus (NPVs)	<i>Cydia pomonella</i> GV (aislados V15, V22, Mexicano y R5), <i>Helicoverpa armigera</i> NPV (cepa HearNPV-BV0003). <i>Spodoptera littoralis</i> NPV (cepa SpliNPV-BV0005).
UN Compuestos de modo de acción desconocido o incierto^{2,3}.	Azadiractín	Azadiractín.
	Azufre	Azufre.
	Polisulfuro de calcio	Polisulfuro de calcio.
	Sales potásicas de ácidos grasos vegetales	Sales potásicas de ácidos grasos vegetales.
UNE Extractos vegetales y aceites crudos de MdA desconocido o incierto^{2,3}.	Aceites crudos Mezcla de terpenoides	Aceite de naranja. (<i>Mezcla de terpenoides QRD 460</i>).

***** Nota:
31

Los diferentes baculovirus que actúan contra distintos órdenes de insectos pueden ser usados juntos sin comprometer su manejo de la resistencia. La rotación entre ciertos baculovirus específicos puede resultar beneficiosa en el manejo de la resistencia para algunas plagas. Consulte las recomendaciones específicas del producto.

UNF Hongos entomopatógenos de MdA desconocido o incierto^{2,3}.		<i>Beauveria bassiana</i> (cepas ATCC 74040, GHA), <i>Lecanicillium muscarium</i> (antes <i>Verticillium lecani</i>) (cepa Ve6), <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> (<i>Isaria fumosorosea</i>) (cepa FE 9901), <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> (cepa F52).
UNM Disruptores mecánicos no específicos^{2,3}.		Aceites de parafina. Maltodextrina. Tierra de diatomeas.

Fisiología: ■ Nervioso y muscular ■ Crecimiento y desarrollo ■ Respiración ■ Digestivo ■ Desconocido o no específico

El esquema de color empleado asocia modos de acción con categorías generales basadas en las funciones fisiológicas afectadas, como una ayuda para la comprensión de la sintomatología, la rapidez de acción y otras propiedades de los insecticidas, y no para cualquier propósito de manejo de la resistencia. **Las rotaciones para el manejo de la resistencia deben basarse únicamente en los grupos numerados de modos de acción.**

Notas a considerar en relación a esta clasificación:

La asignación de un modo de acción implica por lo general la identificación de la proteína responsable del efecto biológico, aunque se pueden agrupar agentes insecticidas cuando comparten efectos fisiológicos característicos y están estructuralmente relacionados.

(*Sustancias en gris entre paréntesis*): Aquellas presentadas para su registro en España pero todavía sin autorización de uso concedida.

¹ La inclusión de una sustancia en esta lista no significa que esté registrada en España. Se han eliminado los grupos que no poseen representantes actualmente autorizados en España, o que no estén en vías de registro.

² A priori las sustancias de estos grupos no comparten un punto de acción común y por lo tanto pueden ser rotadas libremente entre sí a menos que haya razones para esperar resistencia cruzada. Estos grupos son el 8, el UN, UNE, UNF y UNM.

³ Un agente insecticida con un MdA desconocido o controvertido o modo de toxicidad desconocido se mantendrá en la categoría 'UN' o 'UNE', 'UNF', 'UNM' hasta que se tengan evidencias que permitan clasificarlo en el grupo de MdA más apropiado.

Pasos	Observaciones
<u>Matriz ambiental:</u> Sedimento y agua superficial	Puede ser más de una matriz ambiental, dependiendo de las propiedades químico- físicas del plaguicida.
<u>Objetivo del estudio:</u> Estudiar la presencia de atrazina en un lecho de río para determinar la presencia de fuentes emisoras	El plan de trabajo debe contemplar el objetivo del estudio y los requerimientos de la calidad de los datos a coleccionar, tipo de mediciones y muestras que se necesitan.
<u>Información preliminar:</u> Obtener información preliminar para apoyar la toma de decisiones antes de iniciar el muestreo.	Se debe tener conocimiento previo acerca del comportamiento del plaguicida en el ambiente. - Tener un conocimiento previo del lugar geográfico del sitio de muestreo, accesos, condiciones climáticas, etc. - Conocer "in situ" las condiciones que podrían afectar la operación de muestreo y evaluar las potenciales fuentes de contaminación por atrazina. - Conocer el historial de aplicación del plaguicida que se desea muestrear. - Recopilar antecedentes bibliográficos del lugar, e investigar acerca de muestreos anteriores si los hubiere. El conocimiento de la vegetación, pendiente y el régimen pluviométrico de una cuenca indicará el riesgo de escurrimiento superficial que posee la cuenca. Esto ayudará a seleccionar estratégicamente los sitios a muestrear.
<u>Tipo de muestreo:</u> Definir el tipo de muestreo de acuerdo al objetivo del estudio.	El muestreo que se debe utilizar en este caso sería de tipo dirigido, ya que se busca determinar una fuente emisora. En este caso se seleccionan puntos estratégicos de muestreo tales como desembocadura de ríos, esteros que desembocan en el río y que atraviesan por campos agrícolas, etc.
<u>Número de muestras:</u> Determinar el mínimo número de muestras en base a los métodos estadísticos descritos en el punto	En base a la información preliminar obtener información de muestreos anteriores acerca concentración de atrazina y su desviación estándar. Si no existen datos asumir parámetros iniciales de estudios similares.
<u>Tipo de análisis requeridos:</u> Conocer el tipo de análisis de laboratorio que se realizarán	Es muy importante determinar si los equipos y la metodología a utilizar son apropiados y no alterarán las condiciones físicas y/o químicas de la muestra. Esta información debe ser obtenida del laboratorio respectivo.
<u>Lista de materiales y equipos:</u> Reunir los materiales y equipos necesarios. Calibrar y descontaminar equipos de muestreo.	Los materiales y equipos que se utilizarán de acuerdo a los objetivos del programa. Esto incluye los equipos y materiales no relacionados con la toma de muestras pero que son de apoyo logístico, mencionados en el punto 1.1.5.
<u>Manejo y envío de muestras:</u> Coordinar plan de muestreo con el laboratorio Reunir materiales necesarios para el envío de las muestras	Coordinarse con el laboratorio para obtener envases y la disponibilidad de tiempo para analizar las muestras. Además, obtener información adicional acerca del manejo de las muestras de manera de facilitar el trabajo del laboratorio.