

Tema 5. Control Químico

Contenido

Formulación y composición de los plaguicidas

Mecanismos de actuación de los plaguicidas sobre los artrópodos

Bioplaguicidas

Productos fitosanitarios obtenidos de las plantas

Aplicación de plaguicidas

Mezclas de plaguicidas

Resistencias. Plagas secundarias

Plaguicidas, salud y medio ambiente

Formulación y composición de los plaguicidas

Se han descrito hasta ahora unos 800 **ingredientes activos**, de los cuales aproximadamente unos 300 son de importancia comercial. Una determinada formulación puede llegar a contener 10-12 compuestos diferentes, si bien la mayoría contienen un solo ingrediente activo. La tendencia actual es producir mezclas de dos o más ingredientes activos de manera que se pueda aumentar el espectro de actividad de dicha formulación y superar los problemas de resistencia a los plaguicidas que puede aparecer en las plagas.

A la hora de elegir el formulado adecuado para nuestro problema hay que tener en cuenta una serie de factores, como las **propiedades físico-químicas** del o los componentes del formulado, su **modo de acción** y las consideraciones **toxicológicas** y reglamentarias vigentes, entre otros.

Además del principio activo que vaya a ir en el preparado, cualquier formulación que utilicemos va a requerir determinados **componentes adicionales** dependiendo del tipo de formulación a emplear:

- **Agentes tensoactivos:** moléculas que tienen dos o más fragmentos químicamente diferentes, cada uno de los cuales presenta afinidad por una fase o interfase diferente (p.ej., aceite y agua). Estos agentes pueden ser iónicos (aniónicos o catiónicos), anfóteros

- (pueden actuar como ácidos o como bases), no iónicos o poliméricos.
- **Coadyuvantes:** compuestos que facilitan la acción de los plaguicidas o que modifican las características de la formulación. Pueden ser: activadores (surfactantes no iónicos, aceites minerales o vegetales emulsionables, aceites vegetales metilados, aceites minerales concentrados, determinadas sales o compuestos amoniacales y algunos ácidos), modificadores de spray (modifican el comportamiento de los líquidos mientras está en el aire o una vez que se ha depositado sobre una superficie, como los adherentes, formadores de película, formadores de depósitos o antideriva) y los modificadores utilitarios, que son aquellos que modifican propiedades básicas para que los productos puedan ser usados o incorporados en los tanques de aplicación (emulsionantes, dispersantes, estabilizadores, compatibilizadores, tampones, co-solventes o antiespumantes).
 - **Disolventes**
 - **Otros**
 - Inertes y portadores: dan mayor seguridad en el manejo del formulado
 - Agentes anti-sedimentación: Aportan estabilidad al almacenamiento a formulaciones como emulsiones y suspensiones.
 - Conservantes: Se añaden a las formulaciones basadas en agua para prevenir el deterioro por acción de microorganismos.
 - Anticongelantes: Se añaden a formulaciones basadas en agua para reducir el punto de congelación hasta -5/-10°C
 - Antiespumantes: controlan la formación de espuma durante las operaciones de mezcla en la producción y durante la aplicación

Los principales tipos de formulación, junto con su composición típica, son los siguientes:

- a) **Polvo de espolvoreo:** Ingrediente activo (1-10%) + inerte (hasta 100%)

- b) **Gránulos:** ingrediente activo (1-40%) + estabilizador (1-2%) + polímero/resina (0-10%) + tensoactivo (0-5%) + ligante (0-5%) + portador (hasta 100%)
- c) **Polvo mojable:** ingrediente activo (10-80%) + mojante (1-2%) + dispersante (2-5%) + antiespumante (0.1-1%) + inerte/portador (hasta 100%)
- d) **Concentrado emulsionable:** ingrediente activo (20-70%) + emulsionante (5-10%) + disolventes-cosolventes (hasta 100%)
- e) **Líquidos solubles o concentrados solubles:** ingrediente activo (20-70%) + mojantes/activadores (5-15%) + Anticongelante (5-10%) + agua/disolvente (hasta 100%)
- f) **Suspensiones concentradas:** ingrediente activo (20-70%) + mojante/dispersante (2-5%) + anticongelante (5-10%) + antisedimentante/modificador reología (0.2-2%) + agua (hasta 100%)
- g) **Emulsiones en agua:** ingrediente activo (2-50%) + emulsionante (5-10%) + anticongelante (0-10%) + antiespumante (0.1-0.2%) + modificador reología (0.1-3%) + biocida/tampón (0.2-0.5%) + agua (hasta 100%)
- h) **Suspensiones de microcápsulas:** el ingrediente activo está “encerrado” en microcápsulas. Su liberación se produce por rotura física o química de la corteza de la cápsula o por difusión a través de ella.
- i) **Gránulos dispersables en agua:** ingrediente activo (50-90%) + ligantes/dispersantes (5-20%) + mojantes (1-4%) + antiespumante/tampón (0-4%) + inerte/agente desintegrante (hasta 100%).

Mecanismos de actuación de los plaguicidas sobre los artrópodos

Los productos fitosanitarios o plaguicidas se clasifican de acuerdo a su **modo de acción** (insecticidas, acaricidas o nematocidas), a su **forma de actuación** (por contacto, ingestión o inhalación), por el **estado de desarrollo** al que afectan (adulticidas, larvicidas, u ovicidas) y por su efectividad o **campo de acción** (polivalentes, o de amplio espectro, o específicos).

A nivel de su mecanismo de acción, los diferentes plaguicidas empleados pueden tener uno o varios de los siguientes objetivos:

- a) El sistema nervioso o muscular
 - Inhibidores de la acetilcolinesterasa: **carbamatos** y **organofosforados**
 - Antagonistas del receptor de GABA en el canal cloro: **fenilpirazoles**
 - Moduladores del canal de sodio: piretroides, piretrinas
 - Agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina: **neonicotinoides**
 - Activadores del receptor alostérico nicotínico de la acetilcolina: **spinosines**
 - Activadores del canal de cloro: **avermectinas, milbemectinas**
 - Bloqueadores selectivos de la alimentación de homópteros: **piridinazometrinas**
 - Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje: **oxadiazinas**
 - Moduladores del receptor de la rianodina (canales de calcio): **diamidas**
- b) El crecimiento y desarrollo
 - Miméticos de la hormona juvenil: fenoxicarb (**carbamatos**)
 - Inhibidores del crecimiento de ácaros: **oxazolinas**
 - Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 0, lepidópteros: **benzoinureas**
 - Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1, homópteros: buprofezin (**tidiasina**)
 - Disruptores de la muda, dípteros: **ciromazina**
 - Agonistas del receptor de ecdisoma: **diacilhidrazinas**
 - Inhibidores de la acetil-coenzima A-carboxilasa: **cetoenoles**
- c) La respiración
 - Inhibidores de la ATP-sintasa mitocondrial: **fenbutaestan**
 - Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III (punto de acople II): **acequinocil**
 - Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I: **piridazinonas**

- Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV: **fosfuros de magnesio y aluminio**
- d) El sistema digestivo
 - Disruptores microbianos de las membranas digestivas de los insectos: toxinas de *Bacillus*
- e) Modo de acción no conocido o incierto
 - **Azadiractina**: insecticida regulador del crecimiento que controla los insectos en todos sus estados larvarios y de pupa. Actúa por contacto e ingestión.

Bioplaguicidas

Son formulados en los que el ingrediente activo está basado en bacterias, virus, hongos o nematodos, así como en sustancias de origen natural, es decir, extractos de plantas, feromonas, etc.

Principales productos insecticidas: *Bacillus thuringiensis* (δ -endotoxinas), virus y hongos (*Beauveria bassiana*, *Verticillum lecanii* o *Metarhizium anisopliae*, entre otros).

Principales fungicidas: bacterias (géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* o *Streptomyces*).

Principales herbicidas: Bacterias (*Pseudomonas syringae* o *Xanthomonas campestris*) y hongos (*Phytophthora palmivora* o *Colletotrichum gloeosporoides*).

Productos fitosanitarios obtenidos de las plantas

Además de los bioplaguicidas que se han indicado anteriormente, los extractos de plantas se han utilizado desde tiempos inmemoriales, y se siguen usando en la actualidad, como tales extractos o en forma de compuestos individuales identificados y aislados de dichos extractos, como productos fitosanitarios.

En general, podemos hablar de:

- a) Productos fitosanitarios
- b) Extractos vegetales
- c) Plantas utilizadas tradicionalmente como insecticidas o repelentes

Productos fitosanitarios.

- **Azadiractina:** Limonoide (tetranotriterpeno) obtenido del árbol del neem (*Azadirachta indica*). Hojas y semillas de este árbol contienen hasta 9 limonoides distintos, además de la azadiractina, que presentan importantes efectos contra insectos. Generalmente repele insectos, inhibe sus prácticas de alimentación y afecta a su balance hormonal a través de la “imitación” de una hormona de la muda (ecdisona).
- **Pelitre** (piretrinas naturales): Son productos obtenidos de la planta *Tanacetum cinerariifolium*), concretamente de sus capítulos florales. Actúan sobre el sistema nervioso de los insectos inhibiendo el cierre del canal de sodio de la membrana celular provocando la parálisis de forma rápida.
- **Rotenonas:** Flavonoide que se extrae de las raíces de algunas plantas tropicales como *Derris elliptica*, *Lonchocarpus utilis* o *Tephrosia virginiana*. Es un insecticida de contacto e ingestión que actúa sobre el sistema nervioso de casi todos los insectos.
- **Nicotina:** Alcaloide propio de la planta del tabaco (*Nicotiana tabacum*) que se acumula preferentemente en las hojas. Produce la parálisis del sistema nervioso. Muestra una acción polivalente pero poco persistente.

Extractos vegetales:

- Aceite de pedaliacea-sésamo (*Sesamum indicum*): proporciona tolerancia a nematodos e insectos del suelo.
- Aceites esenciales de labiadas: tomillo (*Thymus vulgaris*), albahaca (*Ocimum basilicum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) o espliego (*Lavandula angustifolia*): se usan en general como repelentes de insectos.
- Aceites esenciales de mirtáceas: *Eucalyptus globulus*: defensa contra *Tuta absoluta*
- Extracto de ajo (*Allium sativum*): Actúa como controlador y repelente de diversas plagas de minadores, chupadores, barrenadores y masticadores. Presenta acción repelente sistémica,

acción sobre el sistema nervioso, anti-alimentaria y enmascaramiento de feromonas.

- Extracto de canela (*Cinnamomum ceylanicum*): insecticida y fungicida, también actúa como repelente de gatos y perros.
- Extracto de chile picante (*Capsicum frutescens*): repelente de insectos
- Extracto de karanja (*Pongamia pinnata*, recientemente *Milettia pinnata*): inhibe la actividad alimentaria, es repelente e irritante.
- Extracto de *Tagetes erecta*: indicado contra nematodos fitófagos
- Extracto de ortiga (*Urtica dioica*): Fortalece las defensas naturales de las plantas.
- Extracto de *Quassia amara*: la cuasina es una de las sustancias naturales más amargas que existe. También fortalece las defensas naturales de las plantas.

Plantas utilizadas tradicionalmente como insecticidas o repelentes:

Artemisia dracunculus (estragón)

Mentha pulegium (poleo-menta)

Chamaemelum nobile (manzanilla romana)

Chamomilla recutita (*Matricaria chamomilla*) (manzanilla)

Echinacea angustifolia (equinacia)

Santolina chamaecyparissus (abrotano hembra)

Tanacetum parthenium (matricaria)

Anethum graveolens (eneldo)

Angelica archangelica (angélica)

Coriandrum sativum (cilantro)

Laurus nobilis (laurel)

Betula pendula (abedul)

Cistus ladanifer (jara)

Ginkgo biloba (ginkgo)

Melilotus officinalis (meliloto amarillo)

Aplicación de plaguicidas.

A la hora de tomar la decisión de aplicar un plaguicida hemos de tener en cuenta que existen potenciales **riesgos** para el cultivo, para el medio ambiente, para el aplicador y también para el consumidor derivados de dicho uso. Su aplicación, por lo tanto, debe estar totalmente justificada. Una vez que hemos decidido ir adelante con el control químico conviene, siempre, adquirir productos precintados con el envase y etiqueta en buenas condiciones y que sean válidos y estén autorizados para el cultivo y la plaga en cuestión.

Nuestro objetivo tiene que ser proteger el cultivo de los agentes nocivos minimizando el impacto sobre los organismos no objetivo, las personas y el medio ambiente.

A la hora de realizar el tratamiento químico no sólo cuenta la elección apropiada del producto más adecuado bajo criterios de eficacia, economía, disponibilidad, resistencia, compatibilidad y toxicidad, sino también factores como el método de aplicación, el momento de la aplicación y la realización del tratamiento, que incluye la preparación del caldo, la mezcla y la aplicación.

En cuanto a los factores que afectan a la eficacia de la aplicación habremos de contar, entre otros, con el tipo de planta y el estado fenológico en el que se encuentra, la biología de la planta, las condiciones meteorológicas, la realización del tratamiento y la maquinaria empleada.

En cuanto a las técnicas de aplicación, dependerá de la naturaleza química del plaguicida. Así, si se trata de soluciones líquidas se puede emplear la pulverización o la quimigación. Si se trata de productos sólidos el espolvoreo o los gránulos y si se trata de gases, la fumigación. En cursos más avanzados se profundizará en las características de cada una de estas técnicas de aplicación.

Mezclas de plaguicidas

Con la mezcla de varios principios activos en una misma formulación se busca, entre otros beneficios, la reducción de los costos de aplicación, la menor exposición de los aplicadores, el incremento del espectro de control y la mejora de las estrategias anti-resistencia.

Como reglas generales a observar para realizar mezclas de plaguicidas hemos de tener en cuenta las recomendaciones del o los fabricantes sobre posibles incompatibilidades, utilizar una tabla de compatibilidad de formulaciones y respetar escrupulosamente el orden de mezcla.

Resistencias. Plagas secundarias

Aquí hablamos en general de las consecuencias que puede acarrear un control químico realizado de manera indiscriminada.

La **resistencia** se define como el desarrollo de la habilidad para tolerar altas dosis de plaguicidas, las cuales resultarían letales para la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie.

La presencia de este fenómeno se ha visto incrementada exponencialmente en los últimos años, tanto en lo referente a la resistencia de insectos a los plaguicidas, como de malas hierbas a herbicidas o microorganismos a antibióticos.

Las razones de este incremento en los procesos de resistencia son complejas. En ocasiones se ha descrito la aparición de resistencia por cambios en el comportamiento del insecto, o bien por cambios morfológicos que ocurren en ellos (una menor área de exposición o una cutícula más gruesa). Sin embargo, los procesos de resistencia más comunes probablemente se generan a nivel fisiológico en procesos como bloqueos de la penetración del plaguicida, la capacidad de almacenar el compuesto tóxico en tejidos inertes o rutas metabólicas de detoxificación y excreción.

Plagas secundarias

Entendemos por **plaga secundaria** una especie plaga que se encuentra naturalmente dentro del agroecosistema afectado pero cuya población no

excede el umbral económico de daños. De esta manera, mientras el sistema está en equilibrio no supone un peligro. Sólo cuando existe una alteración en dicho equilibrio (por ejemplo por un uso indebido de los plaguicidas, entre otras razones), la plaga secundaria puede convertirse en primaria y afectar al cultivo. El problema se agrava porque esa nueva plaga primaria suele manifestar resistencia al plaguicida.

Plaguicidas, salud y medio ambiente

La liberación de cualquier compuesto químico al medio ambiente entraña determinado nivel de riesgo. El concepto de riesgo lo podemos enmarcar como la combinación de la toxicidad propia mostrada por el compuesto que constituye el principio o los principios activos del plaguicida junto con la exposición a la que el elemento sobre el que se desea evaluar el riesgo ha estado sometido al plaguicida.

La clasificación de los efectos de los plaguicidas sobre la salud es amplia:

- Efectos agudos:
 - a) Lesiones en las partes expuestas (piel, ojos, nariz, tracto respiratorio, etc.).
 - b) Intoxicaciones agudas
 - c) Reacciones alérgicas
 - También se pueden manifestar efectos subagudos en manipuladores, aplicadores, agricultores o consumidores.
 - Existen efectos crónicos que incluyen:
 - a) Intoxicaciones crónicas
 - b) Desarrollo de alergias
 - c) Lesiones crónicas
 - d) Cáncer

Valoración de la toxicidad

La toxicidad se evalúa en función de los resultados obtenidos de estudios sobre modelos. Dichos estudios condicionan la autorización de los productos fitosanitarios.

Las pruebas de toxicidad aguda valoran la exposición oral, dérmica y la inhalación y tienen en cuenta procesos como irritación de los ojos y piel, sensibilización de la piel o neurotoxicidad.

Las pruebas de toxicidad a medio plazo (30-90 días) valoran la exposición oral, dérmica y la inhalación y miden la neurotoxicidad.

Las pruebas de toxicidad crónica valoran alteraciones no cancerígenas y las cancerígenas.

Otro rango de pruebas estudia afectaciones sobre el desarrollo y reproducción (teratogénesis, disminución de la fertilidad, etc.), la capacidad mutagénica o el potencial como disruptor endocrino.

A partir de estas pruebas, se consideran criterios de exclusión que hayan dado positivos los criterios de mutagénico, carcinogénico, tóxico para reproducción o disruptor endocrino.

En relación con los efectos sobre el medio ambiente, la evaluación de un nuevo plaguicida hay que realizarla tanto sobre el medio abiótico (agua, suelo y aire) como biótico (microorganismos, plantas y animales). No sólo es importante evaluar los posibles efectos tóxicos en dichos niveles sino también la persistencia del producto en el medio. En este último caso habrá que tener en cuenta los procesos de degradación en agua, aire y suelo que puedan afectarles, su movilidad así como la bioacumulación. A este respecto son criterios de exclusión para cualquier producto potencialmente comercializable que sea persistente, que sea bioacumulable y que sea tóxico.