

Capítulo 2: PLAGUICIDAS QUÍMICOS, COMPOSICIÓN Y FORMULACIONES, ETIQUETADO, CLASIFICACIÓN TOXICOLÓGICA, RESIDUOS Y MÉTODOS DE APLICACIÓN.

1. Definición de Plaguicidas.

En el módulo anterior ya se había definido qué es una plaga. Los plaguicidas, por lo tanto, son sustancias que tienen como objetivo combatir a dichas plagas. Normalmente son de origen químico, pero en algunos pocos casos pueden ser de origen biológico o, inclusive, mineral.

(FAO 1986; citado por O.M.S. – 1992) definió a los plaguicidas como cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar plagas incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de animales, especies no deseadas de plantas o animales que causen perjuicios o que interfieran de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas no elaborados, madera o que puedan administrarse a animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos.

Pesticida es sinónimo de plaguicida.

2. Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas pueden clasificarse, según su ámbito de aplicación, en productos destinados a:

- sanidad vegetal: llamados fitosanitarios o agroquímicos.
- ganadería.
- industria alimenticia.
- sanidad ambiental: para tratamientos en locales ocupados por personas.
- jardinería.
- higiene personal.
- otras aplicaciones.

A partir de este momento dejaremos de lado a todos aquellos plaguicidas que no pertenezcan al primer grupo, es decir a los productos fitosanitarios, también llamados agroquímicos o fitoterápicos. No obstante ello, debe tenerse en cuenta que algunos agroquímicos pueden tener uso dentro de otros ámbitos de aplicación, ya sea con la misma o con diferente formulación (jardinería, sanidad ambiental, etc.)

3. Clasificación de los agroquímicos.

Los agroquímicos pueden clasificarse de diferente manera y con distinto grado de especificidad. A continuación se detallan aquellas de mayor frecuencia de uso.

3.1. Según el hospedante sobre el cual actúa el agroquímico.

Según este criterio, los agroquímicos se clasifican dentro de alguno de los siguientes diez grupos. Este método de clasificación, conocido como decimal, es el más utilizado (Bartuel Sanchez y Berenguer Subils)

- Insecticidas.
- Acaricidas.
- Fungicidas.
- Nematocidas (o nematodocidas), desinfectantes del suelo y fumigantes.

- Herbicidas.
- Fitorreguladores y productos afines.
- Molusquicidas.
- Rodenticidas y varios similares.
- Tratamientos de la madera, fibra y derivados.
- Específicos varios. Post-cosecha – tratamiento de granos.

3.2. Según el grupo químico al cual pertenecen.

Permanentemente se están incorporando nuevos agroquímicos al mercado, de los más diversos grupos químicos, lo cual hace sumamente compleja una clasificación completa basada en este criterio. No obstante ello, se mencionarán los grupos químicos más importantes para los insecticidas, herbicidas y fungicidas (**Arregui M.C., Puricelli E. 2008**) sin pretender que la lista sea exhaustiva. Es importante conocer el grupo químico desde el punto de vista toxicológico, ya que los productos de un mismo grupo producen intoxicaciones análogas y con similares tratamientos.

3.2.1. Insecticidas:

- ✓ **Clorados:** Este grupo se encuentra prohibido en nuestro país debido a su acumulación en las grasas animales: DDT, Clordano, Lindano, Metoxicloro, Pertane, Heptacloro, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Isodrin, etc.
- ✓ **Organofosforados:** Acefato, clorpirifos, metil demetón, diazinon, dimetoato, etión, fenitrotión, triclorfón, mercaptotión, metil azinfos, metidation, triazofós, etc.
- ✓ **Carbamatos:** carbofurán, carbosulfán, metomil, pirimicarb, formetanato, etc.
- ✓ **Piretroides:** Cipermetrina, ciflutrina, deltametrina, esfenvalerato, permetrina, fenpropatrina, lambdacihalotrina, etc.
- ✓ **Nitroguanidinas:** acetamiprid, imidacloprid.
- ✓ **Benzoilureas:** novalurón, clorfluazurón, teflubenzurón, etc.

3.2.2. Fungicidas.

- ✓ **Metoxiacrilatos:** azoxistrobina.
- ✓ **Triazoles:** epoxiconazole, ciproconazole, difenoconazole, propiconazole, fenbuconazole, flutriafol, tebuconazole. Flusilazole.
- ✓ **Bencimidazoles:** Carbendazim, tiabendazol, metil tiofanato.
- ✓ **Derivado del benceno:** clorotalonil.
- ✓ **Ditiocarbamato:** mancozeb.

3.2.3. Herbicidas.

- ✓ **Sulfitos:** glifosato
- ✓ **Imidazolinonas:** imazaquim, imazetapir, imazapir.
- ✓ **Triazinas:** Prometrina
- ✓ **Acetanilidas:** acetoclor, alaclor.
- ✓ **Derivados benzoicos:** dicamba.
- ✓ **Benzonitrilos:** Bromoxinil.
- ✓ **Diazinas:** Bentazón.

3.3. Según su comportamiento en la planta.

a) Sistémicos: Son absorbidos por el vegetal, normalmente por la hoja, aunque, en algunos casos, también pueden serlo por raíces (atrazinas), y traslocados en la planta. Es sumamente importante conocer cuál es la vía de traslocación de un producto sistémico a fin de poder aplicarlo correctamente. Como tal, debe permanecer y translocarse por el vegetal manteniendo una concentración letal al menos por siete días.

b) De contacto: El producto solamente es efectivo contra la plaga cuando entra en contacto directo con ella. Esto normalmente implica un esfuerzo extra en la calidad de la aplicación.

3.4. Según su especificidad contra la plaga.

Según este criterio los plaguicidas pueden ser **selectivos y no selectivos**. A su vez el grado de selectividad puede ser muy variable. Por ejemplo, *Bacillus thuringiensis* solamente afecta a las orugas, siendo inocuo para otros insectos como langostas, chinches, trips, moscas blancas, etc. Otros insecticidas son muy eficientes para determinados insectos y si bien también afectan a otros, no son tan efectivos. Hay algunos herbicidas que atacan solamente malezas de hoja ancha. Otros son graminicidas. El glifosato es claramente no selectivo al igual que los fungicidas en general.

3.5. Según la vía de ingreso.

Se refiere a la manera en que el producto ingresa a la plaga. Normalmente se mencionan tres tipos: contacto, ingestión e inhalación. Estos tres grupos se presentan en el caso de insectos.

3.6. Según el modo de acción.

Una vez ingresado al organismo el producto se traslada hasta el órgano, grupo de células o glándula donde cumple con su función biocida.

En otro capítulo, al analizar la resistencia a los insecticidas se anexará la clasificación IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) según el modo de acción de cada uno de ellos. También se anexa la clasificación correspondiente a los herbicidas según HRAC (Herbicide Resistance Action Committee).

4. Características de los plaguicidas.

4.1. Composición y formulación.

En cada producto comercial normalmente hay sólo una sustancia que tiene efecto pesticida: es la denominada **principio o ingrediente activo (PA / IA)**. Existen, también productos comerciales que incluyen más de un IA a fin de combinar los efectos de todos ellos. Pero muy raramente se incluyen más de tres principios activos en un mismo producto comercial. Normalmente la cantidad de IA requerido para controlar una plaga por unidad de superficie es tan baja que sería imposible aplicarla pura logrando una distribución aceptablemente correcta. Por otra parte, muchas veces, se trata de productos pesados y altamente viscosos, semejantes a melazas. ¿Cómo aplicarlo de manera uniforme? Es evidente que este IA necesita diluirse de alguna manera para lograrlo.

El resto de los ingredientes son los denominados inertes ya que no poseen una acción biocida per se y comprenden una serie de funciones diferentes. Entre ellos podemos mencionar:

- Solventes: puede ser agua, algún solvente derivado del petróleo o, más raramente, de otro tipo.
- Humectantes: a fin de permitir su dilución en agua.
- Espesantes.
- Tensioactivos: permiten un mejor contacto de la gota pulverizada con el objetivo.
- Adherentes.
- Agentes de aviso: Colorantes, sustancial de olor, etc.

A la combinación de estas sustancias en un producto comercial, a fin de lograr efectividad, es lo que denominamos composición. Por otra parte, una misma sustancia activa se puede comercializar bajo diferentes “aspectos o formatos”, y con propiedades diferentes entre sí. Es lo que conocemos como **formulaciones**. Es preciso, por lo tanto, conocer sus características, ventajas y desventajas, a fin de optar por el producto comercial adecuado para nuestro caso en particular.

4.2. Formulaciones líquidas más comunes.

Herzfeld D., Sargent K 2008 presentan un análisis detallado de este tema.

- **Concentrados Emulsionables (CE):** En esta formulación el IA se encuentra disuelto en uno o más solventes derivados del petróleo, con el agregado de un agente (emulsionante) que permite que esta mezcla forme una emulsión con el agua, de aspecto típicamente lechoso. Son sumamente versátiles ya que se pueden utilizar tanto en equipos manuales o de mochila, como en grandes pulverizadoras terrestres, en equipos de bajo volumen, nebulizadoras y aplicaciones aéreas. Como ventajas podemos mencionar: facilidad de transporte, manipulación y almacenamiento, requieren poca agitación, no abrasivos, no tapan filtros ni pastillas, casi no dejan residuos visibles y tienen una residualidad media. Como desventajas: al ser muy concentradas puede caerse fácilmente en sobredosis, los solventes pueden causar daño leve a las plantas, tienen un cierto nivel de olor (sanidad ambiental), son fácilmente absorbidos por la piel, en mediano plazo deterioran piezas de plástico y caucho, decoloran a las pinturas y pueden ser inflamables y corrosivos.
- **Suspensiones Concentradas o “Floables” (F- SC):** En este caso se trata de cristales de IA insolubles en agua pero “suspendidas” en la misma. Dado que estas partículas son “hidrofóbicas”, nuevamente se requiere de otros ingredientes que permitan su dispersión en el agua. Ventajas: Tienen las mismas características de transporte, almacenamiento y manipulación de los CE y su misma facilidad de aplicación. Pero normalmente tienen menos olor y son algo más residuales. Ocasionalmente pueden tapar a las pastillas, especialmente a las de menores caudales. Desventajas: Requieren de moderada agitación y pueden dejar residuos visibles. Normalmente son más caros que los CE.
- **Soluciones (S):** En este caso el IA se puede disolver directamente en el solvente, ya sea éste agua o algún derivado del petróleo. Puede tratarse de soluciones concentradas o “soluciones para uso directo”. No existen casi formulaciones de este tipo para tratamientos fitosanitarios en nuestro país.

- **Emulsiones Invertidas (EO):** Se trata de un IA soluble en agua, con el agregado de otras sustancias que permiten que forme una emulsión sobre un derivado del petróleo, generalmente gasoil, fuel-oil o kerosene. Normalmente se utilizan como herbicidas en caminos o vías férreas, donde existe el riesgo de deriva hacia cultivos sensibles, ya que al pulverizarse producen gotas gruesas a muy gruesas. También se pueden utilizar en equipos nebulizadores para tratamientos ambientales, típicamente en mosquitos. No son de uso frecuente en agricultura ya que los solventes pueden dañar a los cultivos.
- **Microencapsulados (M-ME):** En este caso, las partículas de IA, están envueltas en una “microcápsula” porosa y este conjunto diluido en agua. Al evaporarse el agua quedan las microcápsulas, de cuyo interior se va liberando en forma gradual el IA. Este proceso tiene dos grandes ventajas: una mayor residualidad y un nivel de exposición al tóxico mucho menor para los aplicadores. A veces las abejas pueden cargar las microcápsulas y llevarlas a sus colmenas, con gran efecto tóxico retardado. Otra desventaja es que suelen ponerse muy espesos de un día para el otro tapando las pastillas y dificultando el trabajo de los equipos, por lo que, al terminar el trabajo deben eliminarse los excesos de producto preparado y limpiar los mecanismos. Suele tratarse de una formulación cara.

4.3. Formulaciones secas más comunes.

- **Polvos (D):** Son formulaciones que se utilizan, en general, tal como vienen presentadas en el envase. Están muy sujetas a la deriva por el viento. Su uso en agricultura extensiva es prácticamente nulo, pero se utilizan con frecuencia en tratamientos sobre el ganado y animales domésticos, así como también en saneamiento ambiental y, eventualmente, en jardinería. Tienen la ventaja de poder aplicarse muy fácilmente, sin necesidad de equipos especiales, en interiores y la dificultad de lograr una distribución adecuada en superficies de una cierta dimensión. Pueden ser peligrosos por vías respiratorias.
- **Cebos (B):** Son sustancias tóxicas a las que se les agrega sustancias palatables o atrayentes y luego se los pelletiza. Normalmente se utilizan para el control de roedores, aves y otros animales vertebrados, así como molusquicidas (babosas y caracoles). Pueden ser peligrosos para los niños y los animales domésticos y pueden producir olor a causa de la descomposición de los animales muertos.
- **Gránulos (G):** conceptualmente son muy parecidos a los polvos, pero de mayor granulometría. Con esto prácticamente desaparece el problema de deriva. Uso casi nulo en agricultura extensiva.
- **Pellets (P):** Es el mismo concepto que los gránulos, con la diferencia de que todas las partículas tienen la misma forma y tamaño. Esta característica hace que puedan ser mejor repartidas por ciertas máquinas con mayor precisión. Algunos fumigantes de suelo tienen esta formulación, ya que al entrar en contacto con la humedad del suelo liberan sus IA en forma de gases (Vapam).
- **Polvos mojables (WP):** Son formulaciones que se presentan como polvos muy finos (tipo talcos, tiza molida o fécula) que no son solubles en agua. Como ventajas se pueden mencionar su fácil transporte, almacenamiento y manipulación, su menor absorción a través

de la piel y los ojos y su, normalmente, alta residualidad. Sus desventajas: requieren de una agitación constante y enérgica para permaneces homogéneamente diluidos en el agua, pueden ser peligrosos si se los inhala y son muy abrasivos para los equipos pulverizadores en general y para las pastillas, además de existir una alta probabilidad que las mismas se tapen, particularmente trabajando con bajos caudales.

- **Gránulos dispersables (WG):** Tienen las mismas características de los polvos mojables, excepto porque son más fáciles de medir y mezclar y menos riesgosos en su inhalación.
- **Polvos solubles (SP o WSP):** Son polvos que en contacto con el agua forman una solución verdadera. Salvo la particularidad del riesgo por inhalación, tienen todas las ventajas de los polvos mojables y ninguna de sus desventajas.

4.4. Fumigantes (FU):

En este caso el IA ejerce su acción bajo la forma de un gas. Pueden ser gases propiamente dichos, líquidos envasados a alta presión que en contacto con el medio se evaporan o bien sólidos que en medio húmedo liberan gases. Normalmente se trata de biocidas, es decir que afectan a todos los seres vivos. Se utilizan en desinfección de suelos en cultivos intensivos, tratamiento de granos almacenados y barreras fitosanitarias.

Ventajas: Amplio control, ya que afectan a todas las plagas, muy alta capacidad de penetración y capacidad de erradicar a las plagas. Desventajas: Dada su alta toxicidad se deben prevenir las fugas de gas. Riesgos serios para el ser humano y animales domésticos, necesidad de utilizar equipos de protección pesados, inclusive respiratorios.

4.5. Coadyuvantes:

Ya hemos visto al comienzo de este capítulo que todas las formulaciones presentaban ingredientes inactivos que se utilizan para adecuar al IA. Muchos de ellos son comercializados independientemente con funciones diferentes: antiespumas, correctores de pH, antiderivas, tensioactivos, emulsificantes, penetrantes, compatibilizantes, etc. Se dedicará un capítulo especial para su análisis.

5. Presentación y Etiquetado.

Por presentación se entiende la forma en que el producto es entregado al usuario. Para las formulaciones líquidas, lo más usual es en frascos de un litro y en bidones de 5, 10 y 20 litros. Los frascos, que años atrás eran de vidrio, por cuestiones de seguridad y de costo, son ahora de plástico resistente. En cuanto a las formulaciones secas se utilizan normalmente bolsas o “sachets” herméticos, de peso variable.

La etiqueta ó marbete de cada agroquímico debe informar sobre todas las características del producto que el usuario necesita conocer. Normalmente, cuanto mayores son los riesgos o la toxicidad de un producto, mayores son las advertencias e indicaciones de precaución que se indican. En algunos países, determinados productos, en función de su peligrosidad, pueden ser empleados solamente por “aplicadores matriculados” o bajo su supervisión directa. En este caso se indica que es un “Producto Restringido”. Los aplicadores registrados deben aprobar cursos

teórico-práctico y un examen psicofísico para poder acceder a este reconocimiento. En nuestro país, al menos por ahora, no existe a nivel nacional tal matrícula habilitante, solamente en algunas provincias (Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba).

Es preciso acostumbrarse a leer exhaustivamente las etiquetas antes de utilizar el agroquímico, aún tratándose de productos conocidos, ya que puede suceder que se incorpore nueva información. Por resolución 816/2006 de SENASA, la información mínima que contienen los marbetes está dividido en tres secciones: Identificación, Recomendaciones de uso y Precauciones.

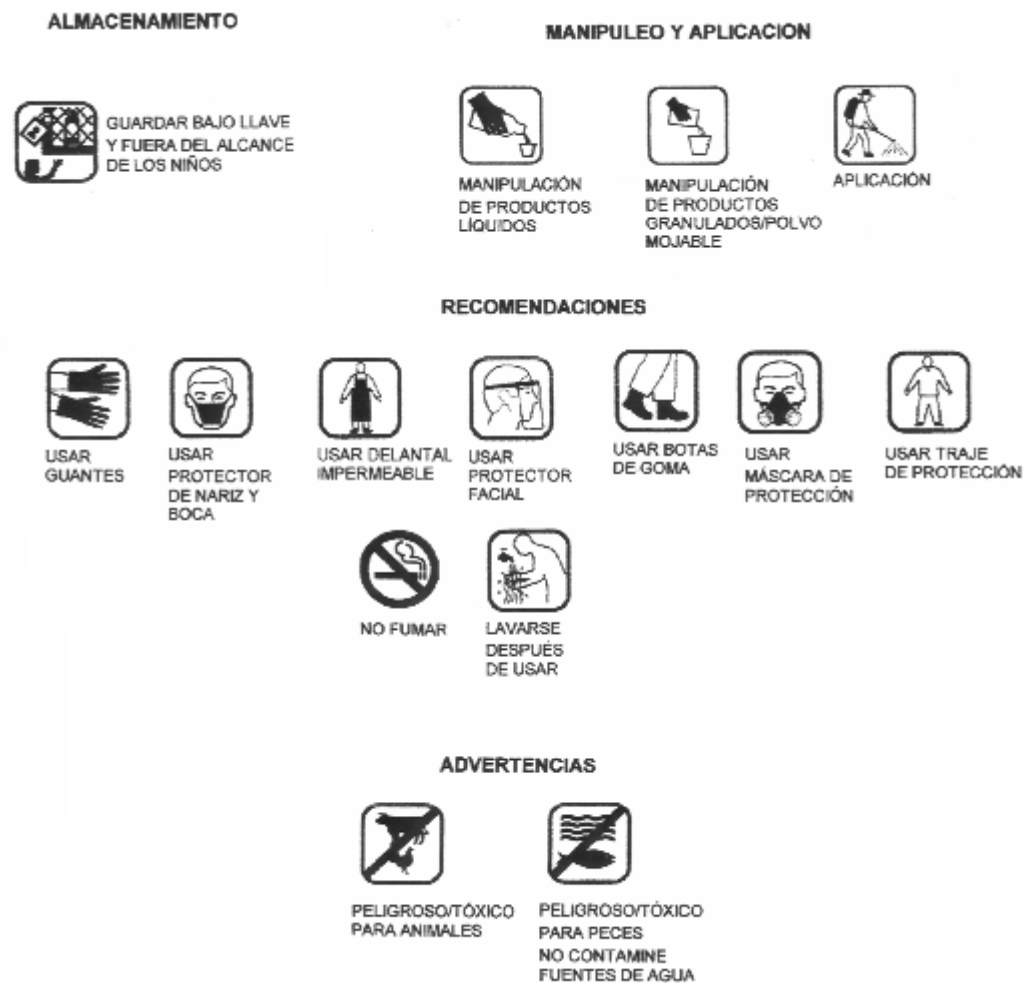
A continuación detallaremos dicha información básica.

- **Marca Comercial:** es el nombre registrado por el fabricante y sobre el cual tiene exclusividad. Por ejemplo: Nurelle 25E, Sherpa, Cipertex 25 y Glextrin 25 son nombres comerciales para cipermetrina al 25 %.
- **Composición:** se debe indicar el nombre y el porcentaje del IA. Normalmente se indica el nombre químico completo y el nombre químico abreviado. Ej: Carbaril (1-naftil N-metil carbamato) 50 %. En general no se menciona la composición de los ingredientes no activos ya que es información que el fabricante se reserva.
- La tercera información que se debe buscar es la denominada **“Banda de Toxicidad”** o **“Banda de Riesgo”**. En el sector inferior de la etiqueta aparece una banda de diferentes colores según la toxicidad del producto. Esta categorización fue establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y fue adoptada por ley en nuestro país. Para definir los distintos grupos se utiliza el denominado DL50 (Dosis Letal 50 %) que es la dosis necesaria para matar en laboratorio al 50 % de una población numéricamente significativa de animales de ensayo (normalmente ratas) expresada en mg por kg de peso vivo. La clasificación toxicológica depende no solamente de su IA, sino también de su formulación. A continuación se presenta la clasificación según O.M.S actualización 2009.

		ORAL	DERMAL
Ia	Extremadamente peligroso	<5	< 50
Ib	Altamente peligroso	5 a 50	50 a 200
II	Moderadamente peligroso	50 a 2000	200 a 2000
III	Ligeramente peligroso	mas de 2000	más de 2000
IV	Improbablemente presente peligro agudo	5000 o más	5000 o más

- **Datos del fabricante:** Nombre, domicilio, teléfono, correo electrónico y, eventualmente página Web. Es importante tener en cuenta la trayectoria y reconocimiento del fabricante, ya que, para igual IA, la combinación de los diferentes ingredientes no activos puede resultar en efectos muy diferentes, inclusive para un mismo tipo de formulación.

- **Indicación de precauciones generales.** Algunos ejemplos son los siguientes:
 - Mantener alejado de los niños o personas inexpertas.
 - No transportar ni almacenar con alimentos.
 - Destruir los envases vacíos.
 - En caso de intoxicación llevar esta etiqueta al médico.
 - Evitar la inhalación, la ingestión y el contacto con la piel. Usar guantes, sombrero o casco, protector facial y, en general, vestimenta adecuada durante la preparación y la aplicación. Al término de las aplicaciones cambiarse la ropa, bañarse cuidadosamente y no volver a usar la misma ropa sin un lavado previo. Durante la operación no comer, no fumar ni beber. No destapar los picos por soplido con la boca. No aplicar contra el viento.
- **Riesgos ambientales:** Se indica cual es el riesgo de intoxicación para abejas, organismos acuáticos, aves y animales domésticos, además de incluir los pictogramas de seguridad correspondientes. Normalmente se incluye una recomendación para no contaminar las aguas superficiales durante la aplicación y el lavado de los equipos.
- **Riesgos físicos o químicos:** inflamable, corrosivo, etc.
- **Primeros auxilios.** Variable según cada producto.
- **Indicaciones para el médico en caso de intoxicación.**
- **Indicación de los centros donde consultar en caso de intoxicación.**
- **Indicaciones de uso:** normalmente es un cuadro de cuatro columnas donde se indica para cada cultivo y tipo de plaga: dosis adecuada y momento de aplicación.
- **Restricciones de uso:** Se refiere al periodo mínimo que debe existir entre el momento de aplicación y la cosecha del producto comestible.
- **Compatibilidad:** Se indica la posibilidad de mezclar o no con otros pesticidas.
- **Fitotoxicidad:** Se indica si existen riesgos de fitotoxicidad para algún tipo de cultivo o para alguna de sus partes.
- Siempre es recomendable, antes de la aplicación de un pesticida, conseguir y leer, además, la correspondiente “Hoja de Seguridad”, en la que se nos indicará cuales son los riesgos más frecuentes y como actuar ante una emergencia. En otros países, la Hoja de Seguridad debe obligatoriamente ir, o bien incorporada en la etiqueta, o bien entregarse como una “separata”, con la compra del producto. Esto no sucede en nuestro país.
- **Pictogramas**



6. Fitotoxicidad.

Bajo ciertas condiciones los agroquímicos pueden producir daños a las plantas del cultivo que se está tratando (fitotoxicidad). Algunos de los síntomas son los siguientes: manchas negras, necrosis en las hojas, desfoliación o amarillamiento foliar, retardos en el crecimiento o, eventualmente, muerte de plantas. La fitotoxicidad puede surgir como consecuencia de:

- Sensibilidad específica de la planta ó cultivos sensibles.
- Dosis excesiva de aplicación.
- Aplicaciones demasiado frecuentes, sin respetar el intervalo correspondiente.
- Dilución inadecuada del producto, que se traduce en sobredosis en sectores del cultivo.
- Mezclas inadecuadas de productos.
- Aplicación de productos en un estadio de desarrollo inadecuado del cultivo.

La fitotoxicidad no necesariamente es causada por el IA, sino que puede deberse a diferentes solventes del producto (caso común en los CE), inertes, o, inclusive, a la presencia de determinadas sales en el agua de aplicación, con reacciones químicas con algún componente del producto.

Dado que la probabilidad de que se presenten casos de fitotoxicidad aumenta con las mezclas de productos, es muy importante ser precavido al realizarlas. Además hay que ser especialmente cuidadoso con la limpieza de la pulverizadora, ya que los residuos de aplicaciones anteriores pueden combinarse con ingredientes de las aplicaciones actuales.

Se reproducen a continuación el aviso de precaución de etiqueta de un producto elegido al azar:

AZATÍN: Los efectos fitotóxicos de este producto han sido evaluados en una gran cantidad de plantas. Sin embargo, puesto que no todas las combinaciones o secuencias de productos, incluyendo a fertilizantes, surfactantes o adyuvantes, han sido evaluadas, se recomienda tratar primero a una pequeña zona del cultivo para asegurarse de que no se presentará fitotoxicidad.

El problema de la existencia de fitotoxicidad se hace más relevante cuanto más intensivo sea el cultivo en cuestión. Se debe ser especialmente cuidadoso en cultivos bajo invernáculo y hortícolas, florales y frutales. En cultivos extensivos, si bien el riesgo es menor, no deben dejarse de lado las siguientes precauciones:

- Antes de aplicar un producto, verificar que se encuentre registrado como terapico del cultivo a tratar.
- Utilizar las dosis recomendadas y observar los intervalos entre aplicaciones.
- En caso de utilizar mezclas, probar siempre sobre un pequeño número de plantas antes de hacer aplicaciones generalizadas.
- Si el producto es nuevo, proceder de igual manera.
- Asegurarse de la correcta calibración de la máquina pulverizadora y del adecuado sistema de agitación del tanque, a fin de no incurrir en sobredosis.
- Evitar aplicaciones con temperaturas muy elevadas (mayores a 28°). Las plantas tendrán los estomas muy abiertos y la absorción será mayor.
- No aplicar sobre plantas debilitadas por sequías o por falta de nutrientes.
- Mantener siempre la máquina bajo adecuadas condiciones de limpieza.
- Conocer el mecanismo de acción y el sitio blanco del producto.

7. Residuos de Plaguicidas.

Los plaguicidas son sustancias químicas que, una vez aplicadas, comienzan un proceso de degradación y/o descomposición, cuya duración en el tiempo es sumamente variable, en función de la sustancia en sí y de las condiciones ambientales que deba soportar una vez aplicado. Así, cuando el cultivo es cosechado, hay en el mismo residuos de plaguicida. La definición aceptada es la siguiente. (Codex Alimentarius)

“Residuo de plaguicida es cualquier sustancia específica, presente en alimentos, productos agropecuarios o alimentos para animales, como consecuencia del uso de un plaguicida. El término incluye cualquier derivado de un plaguicida, como productos de conversión, de reacción y metabolitos, y las impurezas consideradas de importancia toxicológica. Se incluyen tanto los residuos de procedencias desconocidas o inevitables (por ejemplo ambientales) como los derivados de usos conocidos de la sustancia química”.

La definición, por lo tanto, es sumamente amplia e inclusiva. Por otra parte, las modernas técnicas de detección de sustancias hacen factible la localización de muy pequeñas cantidades de residuos. Debe tenerse en cuenta, además, que los plaguicidas no son contaminantes solamente en la etapa de producción, que es la que nos compete directamente, sino también durante el almacenamiento, transporte e, inclusive, elaboración.

La determinación de residuos cumple un papel importante en la prevención de la salud, ya que permanentemente estamos ingiriendo residuos de los más diversos plaguicidas, fungicidas, insecticidas, herbicidas, etc. con riesgo de adición y sinergismo entre los distintos componentes.

Se detallan a continuación algunas definiciones relacionadas:

Límite máximo de residuos (LMR). Es la concentración máxima de residuos de un plaguicida o contaminante que la Comisión del Códex Alimentarius recomienda que se permita legalmente o se reconozca como aceptable en o sobre un alimento, producto agrícola o alimento para animales. Se expresa en mg de residuo sobre kg de producto, o, lo que es lo mismo, partes por millón (ppm).

Ingestión Diaria Admisible (IDA). Es la dosis diaria que, ingerida durante todo el periodo vital, parece no entrañar riesgos apreciables para la salud del consumidor. Se expresa en mg de contaminante por kg de peso corporal. Para su cálculo se parte del denominado NOAEL (Non Observed Adverse Effect level) que es la máxima dosis diaria suministrada a animales de ensayo en laboratorio sin que se observen efectos adversos multiplicada por un factor de seguridad de 100.

Límite de determinación (LD). Es la concentración más baja de un residuo que es posible detectar en laboratorio.

Ahora bien, ¿cuáles son las medidas que se deben adoptar para las aplicaciones de agroquímicos que permitan que sus residuos permanezcan dentro de los límites tolerables?

- Utilizar solamente productos que estén registrados para su uso en el cultivo en cuestión.
- Utilizar dosis autorizadas. Nunca sobredosificar.
- Respetar los denominados periodos de carencia indicados, es decir el plazo entre la aplicación y el momento de cosecha.

8. Otras características de los agroquímicos

8.1. Adición, Sinergismo, Antagonismo.

En los casos en los que se mezclan en el mismo caldo de pulverización a diferentes productos, se puede presentar alguna de las alternativas.

Adición. Es la alternativa más frecuente. En este caso cada uno de los productos produce exactamente el mismo resultado que si hubiera sido aplicado individualmente, sin mezclas.

Sinergismo: En este caso el resultado logrado supera el efecto de cada uno de los productos de manera individual. De alguna manera los productos se “potencian”.

Antagonismo: Es la situación inversa de la anterior. Entre los dos productos se quitan potencia entre sí.

Algunos autores establecen una diferencia entre sinergismo y potenciación. Consideran que si en la mezcla uno de los compuestos no posee efecto tóxico *per se* pero se logra un mayor efecto que el tóxico por si solo se esta en presencia de un sinergismo. Cuando todos los compuestos involucrados en un fenómeno de sinergismo producen *per se* un efecto tóxico a las dosis de uso denominan a este fenómeno potenciación.

Si lo expresáramos matemáticamente podría decirse que:

Adición.	$2 + 2 = 4$
Sinergia.	$2 + 2 = 5$ ó más.
Antagonismo	$2 + 2 = 3$ ó menos.
Ó también:	
Sinergismo.	$0 + 2 = 3$ ó más.
Potenciación	$2 + 2 = 5$ ó más.

Se detallan a continuación, para fungicidas, algunos ejemplos de cada caso:

Aditivos:

- Propiconazole + mancozeb
- Propiconazole + metil tiofanato.
- Clorotalonil + mancozeb
- Mancozeb + metil tiofanato
- Propiconazole + fenarimil

Sinérgicos:

- Propiconazole + Iprodione.
- Propiconazole + triadimefón
- Propiconazole + clorotalonil.
- Propiconazole + Anilazine.

Antagónico: - Mancozeb + Cloroneb

Es conocido el efecto sinérgico que produce el butóxido de piperonilo sobre los insecticidas piretroides y carbamatos. Este compuesto, un derivado del metilendioxifenilo, tiene por sí solo, una bajísima performance insecticida. Pero como inhibe a las enzimas que, a nivel de los insectos, metabolizan al producto (o sea que inhibe la degradación de estos) es capaz de multiplicar hasta doce veces la efectividad de estos insecticidas. Sin embargo pueden observarse casos de antagonismo en algunos fosforados.

8.2. Incompatibilidad.

Algunos agroquímicos no pueden mezclarse entre sí porque se distorsionan sus propiedades físico químicas. En este caso se dice de ellos que son incompatibles. Normalmente las etiquetas indican, para cada producto, los casos más frecuentes de incompatibilidad. Pero en caso de existir dudas deberá hacerse un ensayo a fin de determinar la viabilidad de la mezcla.

Se deberá proceder de la siguiente manera:

En un recipiente, preferentemente de vidrio, se hace una mezcla, en muy pequeña escala, que guarde exactamente la misma proporción de cada uno de los componentes. Se procederá de acuerdo con el siguiente orden:

- Colocar la cantidad de agua necesaria. Constatar si es preciso aplicar un corrector en función del pH y del contenido de sales.
- Mezclar en primera instancia las formulaciones secas (polvos mojables, gránulos) agitando hasta su disolución.
- Colocar luego las soluciones concentradas en agua.
- Luego los concentrados emulsionables u otro tipo de formulaciones líquidas (floables, microencapsulados). Agitar.
- Agregar luego los polvos solubles. Agitar.
- Finalmente agregar el o los coadyuvantes. Agitar.

Evidentemente, no siempre habrá esta cantidad de productos a mezclar, pero debe seguirse este orden. Dejar la mezcla reposando unos quince a veinte minutos y observar los resultados.

Compatibles: Se presenta como una mezcla suave. No hay fases diferenciadas. Si existe algún sedimento leve, al agitar se disuelve de manera inmediata. Los productos se pueden utilizar de manera conjunta.

Incompatibles: La mezcla presenta, en mayor o menor grado, un aspecto grumoso o floculoso. Si se agita, los componentes no se disuelven, o bien vuelven a separarse inmediatamente. En este caso se puede ensayar el agregado de algún compatibilizante y observar los resultados. En algunas ocasiones se puede detectar “desprendimiento” de calor, lo que es una señal inequívoca de reacciones químicas entre los componentes. En este caso no puede siquiera intentarse el uso de compatibilizantes.

9. Métodos de aplicación de agroquímicos.

Las formas más comunes de aplicación de pesticidas son las siguientes:

- **Fumigación.** El término se refiere a la aplicación de un gas (un humo). Es el caso del bromuro de metilo o del fosfuro de aluminio que se utilizan para “desinfectar” suelos en almácigos de cultivos intensivos. En la práctica se utiliza el mismo término cuando se aplica otro tipo de formulación (un líquido, por ejemplo) que, en contacto con la humedad produce la liberación de un gas (Vapam). En ambos casos el suelo es recubierto con polietileno para lograr mayor persistencia del producto.
La fumigación se utiliza también para tratamiento de granos almacenados. Tiene la ventaja de contar con un espectro de control que incluye a insectos, hongos, malezas y nematodos y la gran desventaja de su alta toxicidad para el hombre.
- **Espolvoreos.** Es la aplicación de productos en forma de polvo. Prácticamente no tiene uso en agricultura extensiva por las dificultades para lograr una distribución homogénea.
- **Nebulizaciones.** Consiste en la generación de gotas muy pequeñas (15 a 25 micrones) para que queden suspendidas en el aire. Se usa, por ejemplo, en control de mosquitos. No se usa en agricultura extensiva.
- **Inyección.** Es la aplicación de un líquido al suelo mediante inyectores. Ejemplos: control de hormigas y aplicación de amoníaco como fertilizante.

- Sistemas de aplicación por contacto. Son dispositivos de cuerda que son embebidos en el producto (un herbicida) que moja las malezas sin tocar al cultivo. Se usaron durante un tiempo para aplicar glifosato sobre sorgo de Alepo, cuando la altura de éste superaba a la del cultivo. Han caído en desuso ante la eficiencia de herbicidas de aplicación temprana.
- Pulverización. Es el sistema más utilizado por ser el más práctico y eficiente. Consiste en dividir el caldo de pulverización, mediante un proceso mecánico, en millones de gotas que son colocadas sobre el cultivo, de acuerdo con una adecuada técnica de aplicación. Cuando además del proceso mecánico, tenemos en cuenta donde se encuentra el objetivo a tratar y todos los factores que pueden incidir en su correcto control, estamos utilizando el término “aplicación” de agroquímicos.

Bibliografía Citada:

- Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) 1992- Consecuencias sanitarias del empleo de Plaguicidas en la Agricultura. Ginebra. Suiza – 128 pp.
- Bartual Sanchez J., Berenguer Subils M.J., NTP 143: Pesticidas: Clasificación y Riesgos Principales. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España – Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_143.pdf
- Códex Alimentarius: www.Codexalimentarius.org/pestres/Glossary
- Arregui M.C., Puricelli E.: 2008 – Mecanismos de Acción de Plaguicidas. Dow Agosciences Argentina S.A. Buenos Aires – República Argentina
- Herzfeld D., Sargent K., 2008 . Private Pesticide Applicator Training Manual – 19th Edition - Chapter 4- Pesticide Formulations . University of Minnesota – Extension. Pp85-108
http://www.extension.umn.edu/agriculture/pesticide-safety/ppat_manual/Chapter%204.pdf