

Formulaciones de plaguicidas: importancia, tipos y perspectivas futuras

Jaime E. García G.*

Se resalta la importancia de la formulación de los plaguicidas, así como los aspectos básicos por considerar en su proceso. Además, se describen las diversas calidades con que suelen encontrarse los ingredientes activos (i.a.) antes de su presentación comercial, así como las principales características de las sustancias auxiliares que se emplean para adecuar los i.a. a las concentraciones necesarias y condiciones óptimas para su aplicación.

Posteriormente se comentan, de acuerdo con su manera de aplicación, los diversos tipos de formulaciones existentes, así como sus ventajas y desventajas. Por último, se citan los factores que deben considerarse en su selección, así como las tendencias en el desarrollo de las mismas.

Introducción

Debido a su alta concentración, la mayoría de los principios o ingredientes activos (i.a.) de los plaguicidas no pueden usarse tal como se obtienen de los procesos de extracción o síntesis; por esta razón, deben prepararse o acondicionarse en mezclas adecuadas denominadas *formulaciones*.

Estas se obtienen al mezclarse el i.a. con las llamadas sustancias auxiliares (inertes y coadyuvantes), con lo cual se

facilita la aplicación de las concentraciones de i.a. adecuadas de manera homogénea.

En algunos casos, las sustancias auxiliares aumentan la eficacia del i.a.

Este hecho reviste especial importancia en la actualidad, cuando las dosis de los plaguicidas se han reducido significativamente como consecuencia de la mayor actividad biológica de los nuevos i.a.

Para comprender mejor la tarea de los investigadores encargados de la preparación de las formulaciones, se da a continuación el siguiente ejemplo: para el combate de una plaga de minadores de las hojas de los cítricos se tienen que aplicar 200 g/ha de i.a. en 2000 litros de caldo.

Ahora bien, para que el plaguicida ejerza el efecto deseado, el i.a. debe repartirse uniformemente sobre el follaje, cuya extensión total es diez veces mayor que la del suelo, o sea, alrededor de 10 hectáreas y casi tan grande como 20 campos de fútbol juntos.

En este caso la técnica de formulación debe resolver el problema de esparcir homogéneamente 200 g de i.a. en 10 hectáreas, donde cada cm² del follaje deberá recibir 0,000 000 2 g de i.a., es decir, dos diezmilésimas de gramo (Bayer, 1993).

* Oficina de Extensión Comunitaria y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) y Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Aspectos para considerar en la formulación de plaguicidas

En la formulación de un plaguicida los investigadores, en función del organismo que se trate de controlar, deben considerar los siguientes aspectos (Bayer, 1993; Primo y Carrasco, 1977):

1. Facilidad de aplicación (técnica).
2. Distribución homogénea del i.a., tanto en la formulación como en las mezclas por aplicar, especialmente cuando se preparan aplicaciones líquidas.
3. Eficacia biológica con la menor cantidad de i.a. posible.
4. Estabilidad en las diferentes condiciones de almacenamiento, tanto en la formulación como en las mezclas por aplicar, especialmente cuando se preparan en forma líquida.
5. Facilidad de manipulación y transporte.
6. Reducción de los peligros toxicológicos involucrados en la manipulación por parte del usuario.
7. Facilidad de descontaminar los productos tratados o acelerar la descomposición de los i.a. una vez cumplida su acción (para evitar los problemas que originan los residuos).
8. Reducción de los peligros de contaminación del ambiente, como consecuencia de su dinámica en el medio.
9. Costos de la formulación.
10. Compatibilidad con los organismos sobre los cuales se aplicará el producto (v.gr. cultivo, animales domésticos).
11. Compatibilidad de aplicación con otros plaguicidas.
12. Reducción de los posibles problemas de contaminación que puedan derivarse del desecho de los empaques o envases, una vez utilizados.

Seleccionando adecuadamente las sustancias auxiliares y la formulación apropiada, se logran compensar, en cierta medida, las propiedades colaterales indeseables de algunos i.a.

Sin embargo, como es casi imposible satisfacer todos los requisitos, cualquier formulación constituirá siempre un compromiso entre los aspectos mencionados.

En ocasiones se observa que para un mismo i.a. existen diferentes formulaciones en el mercado.

En estos casos, la elección dependerá de las necesidades y posibilidades con que cuenta el agricultor para su aplicación.

A continuación se describen algunas generalidades de los componentes principales de las distintas formulaciones de plaguicidas, a saber: los i.a. y las sustancias auxiliares.

Ingredientes activos

Por lo regular, los i.a. se obtienen con diversas calidades de pureza, a saber:

- **Purísima o proanálisis:** con un porcentaje mínimo de impurezas. Se utilizan para determinaciones analíticas y para preparar patrones, especialmente en el análisis de residuos.

La limitante en su producción suele ser el costo del proceso de purificación.

- **Pura o de uso químico:** con un porcentaje mayor de impurezas que la calidad anterior.

Se utiliza en la preparación de muestras para ensayos de determinación de eficacia mínima en condiciones ambientales controladas.

- **Técnica o industrial:** con una pureza inferior a las anteriores. Es la calidad que suele utilizarse en la preparación de las formulaciones comerciales.

Sustancias auxiliares

Estas son sustancias de origen orgánico o mineral que se emplean para adecuar los principios activos (i.a.) a las concentraciones necesarias y condiciones óptimas para su aplicación.

Dentro de estas se destacan dos grandes grupos: los vehículos inertes y los coadyuvantes (Matthews, 1988; Primo y Carrasco, 1977; Sosa, 1994).

1. Vehículos inertes: los más utilizados en el mercado son los de consistencia sólida y líquida.

- * **Sólidos:** estos son clasificados de acuerdo con la función que deben cumplir en:
 - a. Portadores ("carriers") o acondicionadores de la preparación inicial. En estos casos el i.a. se incorpora a cada partícula del portador, la cual tiene una capacidad de absorción regida por dos características: el diámetro de las partículas y su porosidad interna. Así, a menor diámetro y mayor porosidad, más elevado es el contenido de i.a. que puede obtenerse por unidad de peso.
 - b. Diluyentes o acompañantes para asegurar la distribución adecuada de la aplicación. Estos inertes son de bajo poder absorbente, gran densidad volumétrica y buen poder de soltura.

De acuerdo con su naturaleza, los vehículos inertes son de origen:

- a. **Botánico:** harinas, partes molidas de vegetales (*v.gr.* maíz, soja, tabaco, trigo, maderas). Por lo general tienen gran capacidad de absorción y retención de humedad, lo cual los hace muy convenientes para la preparación de cebos envenenados.

- b. **Mineral:** agrupados en óxidos (tripolitas, diatomeas, óxidos o hidratos de calcio, óxidos de magnesio y de calcio); carbonatos (calcita, dolomita); sulfatos (sulfato de calcio o yeso); silicatos (micas, vermiculitas, talcos, pirofilitas y arcillas como las montmorillonitas, las caolinitas y las atapulguitas); fosfatos (apatitas) e indeterminados (pumicitas).
- * **Líquidos:** al igual que los sólidos, estos son clasificados de acuerdo con la función que cumplen en:
 - a. Portadores ("carriers"), disolventes o acondicionadores de la preparación inicial.
 - b. Diluyentes o acompañantes para asegurar la distribución adecuada de la aplicación.

El principal grupo de disolventes empleados en las formulaciones líquidas de plaguicidas lo constituyen algunos derivados del petróleo, dentro de los cuales existen distintos tipos o clases según el contenido de hidrocarburos parafínicos tipo hexano normal, anillos nafténicos tipo ciclohexano y anillos aromáticos tipo benzol y xilol. Entre estos se encuentran los siguientes grupos:

- a. Destilados con un contenido elevado de hidrocarburos parafínicos y nafténicos y un contenido de aromáticos $\leq 10\%$ (*v.gr.* queroseno): tienen poca volatilidad y escaso poder de disolución de plaguicidas. Se les utiliza como vehículos de las soluciones concentradas en aplicaciones aéreas o en aplicaciones domésticas cuando se los purifica para obtener productos desodorizados.
- b. Destilados con un reducido contenido de hidrocarburos parafínicos y nafténicos y un elevado contenido de aromáticos



(*v.gr.* benceno, tolueno, xileno): poseen gran volatilidad y poder de disolución de plaguicidas. Por su costo están limitados a la preparación de concentrados emulsionables.

c. Fracciones de destilación del petróleo con 20-50% de aromáticos: muestran un buen poder de disolución de plaguicidas, muy baja volatilidad y buena densidad, lo que los hace deseables para la formulación de soluciones y emulsiones concentradas.

d. Solventes halogenados (*v.gr.* tricloruro de etileno, tetracloroetano,

tetracloruro de carbono): compuestos de gran poder de disolución de sustancias oleosas, no son inflamables y tienen un elevado costo.

e. Solventes oxigenados (*v.gr.* alcoholes y cetonas): son buenos disolventes de plaguicidas, con la particularidad de ser también solubles en agua. Son muy volátiles y onerosos para su uso en plaguicidas, por lo que su utilización está limitada a casos especiales.

En el Cuadro 1 se resumen algunas de las características de ciertos disolventes.

Cuadro 1. Características de disolventes utilizados en la formulación de plaguicidas (Maas, 1971, citado por Matthews, 1988).

Disolvente	Capacidad Disolvente	Volatilidad	Viscosidad	Fito-toxicidad
Hidrocarburos aromáticos con punto de ebullición bajo (<i>v.gr.</i> xilol)	Buena	Elevada	Baja	Baja
Hidrocarburos con puntos de ebullición altos	Buena	Baja	Baja	Elevada
Hidrocarburos alifáticos (<i>v.gr.</i> espíritu blanco, queroseno)	Mala	Mediana	Baja	Baja
Alcoholes con punto de ebullición altos (<i>v.gr.</i> nonanol)	Mediana	Baja	Baja	Elevada
Cetonas (<i>v.gr.</i> hexanona)	Buena	Elevada	Baja	Mediana
Solventes especiales (<i>v.gr.</i> aceite de pino y tetralín)	Buena	Baja	Baja	Elevada
Aceites vegetales (<i>v.gr.</i> algodón, ricino)	Mala	Baja	Elevada	Baja
Eteres de glicol y glicoles	Mediana	Baja	Baja	Baja



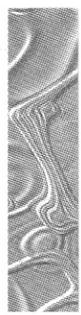
No se dispone de disolventes que reúnan todas las características deseables para los distintos tipos de i.a. y maneras de aplicación, de tal manera que lo que suele hacerse son mezclas de ellos.

2. Coadyuvantes: son sustancias que contribuyen a mejorar la eficacia y la estabilidad de los plaguicidas. Los coadyuvantes son especialmente importantes para la aplicación de productos de baja solubilidad o que se aplican sobre superficies poco permeables (*v.gr.* follajes con cutículas cerosas o pubescentes). A continuación se describen los tipos más importantes de coadyuvantes así como sus principales funciones:

- **Acidificantes:**
 - Mejoran el contacto con las plagas.
 - Mejoran la calidad de las mezclas.
 - Reducen la acidez (pH) de la solución.
 - Demoran la degradación de los i.a.
- **Activadores:**
 - Reducen la tensión superficial.
 - Aumentan el contacto entre el plaguicida y el organismo objetivo de la aplicación.
- **Adherentes:**
 - Mejoran la adherencia y persistencia del depósito de los plaguicidas sobre las superficies con que tienen contacto.
 - Impiden las pérdidas de los depósitos de plaguicidas sobre las superficies aplicadas causadas por el viento, las lluvias o los riegos por aspersión.
 - Disminuyen el proceso de fotodegradación.
 - Dificultan la volatilización del plaguicida.

Los adherentes están hechos de látex o de compuestos que muestran propiedades adhesivas similares (*v.gr.* ceras líquidas de ésteres de alto peso molecular con cadenas de ácidos y alcoholes monoetilénicos, caseinatos, algunos silicatos de aluminio y magnesio coloidales, estearato de etanolamina, sales de ácidos grasos con aminas, polímeros viscosos de etileno, vinilo, butadieno y estireno).

- **Agentes de compatibilidad:**
 - Mejoran la compatibilidad entre las sustancias que componen el caldo por aplicar, reduciendo el riesgo de floculación o precipitación.
- **Antiespumantes:**
 - Impiden la formación de espuma que pueda originarse en los tanques de los equipos de aplicación, a causa de su movimiento, durante las aplicaciones o por efecto de los agitadores.
- **Atractivos o atrayentes:**
 - Atraen las plagas, con lo cual algunos plaguicidas pueden elaborarse en forma de cebos (*v.gr.* insecticidas, rodenticidas). De este modo se reducen las cantidades de plaguicida por unidad de área.
- **Auxiliares de la deposición:**
 - Dificultan el proceso de volatilización.
 - Reducen la deriva durante la aplicación.
 - Aumentan la viscosidad de la solución.
 - Aumentan el tamaño de las gotas.
 - Mejoran la capacidad de los plaguicidas para alcanzar las superficies objetivo y formar depósitos sobre ellas.



- **Tampones ("buffers"):**
- Estabilizan la acidez (pH) de la solución.
- Demoran la degradación del plaguicida.
- Mejoran la calidad de la mezcla por utilizar.

Por lo general se considera que un pH de la solución entre 3,5 y 6 permite mantener un caldo hasta 24 h sin que

se deteriore significativamente. Para la mayoría de los casos, se considera que el pH óptimo para aplicaciones inmediatas está entre 6,1 y 7. En estos casos no es recomendable dejar el caldo en el tanque por más de una o dos horas. En todo caso tienen preferencia las recomendaciones de los fabricantes. En el Cuadro 2 se destaca la influencia de la acidez (pH) de la disolución sobre la estabilidad de algunos plaguicidas específicos.

Cuadro 2. Influencia del pH sobre la estabilidad de algunos plaguicidas. (Continúa en la página siguiente).

Plaguicida	Observaciones
<i>Bacillus</i>	
<i>thuringiensis</i>	No es compatible con compuestos alcalinos
acefato	Se hidroliza a pH alcalino. Desde 16 días a pH 9 hasta 65 días a pH 3
alaclor	Estable a pH ácido
atrazinas	Se descomponen lentamente en soluciones alcalinas y rápidamente en presencia de limo
benomil	pH óptimo de 5,6
captafol	Estable en condiciones alcalinas
carbaril	pH óptimo de 6
carbofurán	pH óptimo de 4-6
cipermetrinas	Efecto óptimo a pH ácido. A pH 9 es estable por 35 h
clorpirifós	Se hidroliza a pH alcalinos. Desde 2 h a pH 10 hasta tres días a pH 5
clorotalonil	pH óptimo menor de 6
diazinón	Estable a pH neutro. De 31 días a pH 5 hasta 136 días a pH 9
dicamba	Estable a pH 5-6
dicofol	Estable a pH 5,5-6,0
dimetoato	Se hidroliza a pH alcalinos: 48 min a pH 9, 12 h a pH 6 y 21 h a pH 4
diurón	Estable a pH neutro
endosulfán	Afectado por pH alcalinos
esfenvalerato	pH óptimo de 6
fenamifós	Se descompone a pH neutro
fenvalerato	pH óptimo de 6
fluazifop-butil	Estable a pH neutro
fosfamidón	Se hidroliza a pH alcalinos. Desde 30 h a pH 10 hasta 74 días a pH 4
glifosato	pH óptimo de 3,5
malatión	Se hidroliza rápidamente a pH alcalinos: 17 h a pH 10. Hasta 315 días a pH 4
mancozeb	Estable en soluciones neutras o ácidas
maneb	Estable en soluciones neutras o ácidas
metamidofós	Estable a pH menor de 6. Se descompone rápidamente a pH neutro
metil-demeton	Se hidroliza en 7 h a pH 6
metil-oxidemetón	No es estable a pH alcalinos. 12 h a pH 6

metil-paratión	Estable a pH 4-6
metiocarb	Estable a pH neutro
metomil	Estable a pH 6
mevinfós	Estable a pH 7. A pH 5 (óptimo) es estable hasta 35 días
monocrotofós	No es compatible con compuestos alcalinos
oxamil	pH adecuados de 4,7-6,5
oxifluorfén	Estable a pH neutro
paraquat	Estable a pH ácido
paratión	Se hidroliza a pH alcalinos. Desde 3 horas a pH 11 hasta 690 días a pH 5
permetrinás	Estable a pH 5-6
profenofós	No es estable en condiciones alcalinas
propoxur	No es estable en condiciones alcalinas
terbufós	Se hidroliza en condiciones alcalinas
triadimefón	Estable a pH 4-5
triclorfón	Se hidroliza a pH alcalinos. Desde 1 h a pH 8 hasta 4 días a pH 6
zineb	Estable en soluciones neutras o ácidas

Fuente: (Custom Chemicides, 1989; Leffingell Thompson-Haywar Chemical Co., 1976; Leffingell Uniroyal Chemical Co., 1981; Pure Grow Co., s.f.; Sosa, H.M., 1994; University of California, 1988).

Sobre este particular Sosa (1994) destaca los siguientes aspectos:

- Un gran número de los plaguicidas son de reacción ácida y se inutilizan cuando se diluyen en aguas alcalinas, en tanto que otros son aniones que se inactivan frente a determinados cationes.
 - La mayoría de los plaguicidas soportan durezas de hasta 500 mg/l de calcio.
 - Idealmente se debería utilizar agua de pH cercano a siete, sin exceso de sales y limpia (libre de la presencia de arcillas y materia orgánica).
 - Un buen criterio, si no se dispone de un análisis químico del agua, es utilizar por lo menos agua potable en la preparación de las diluciones.
 - Un agua alcalina puede corregirse agregando un ácido (*v.gr.* ácido cítrico) para neutralizar su reacción o volverla ligeramente ácida.
-

- **Dispersantes:**

- Intervienen en la estabilización de las suspensiones de polvos humectables, evitando la floculación y la sedimentación.
- Reducen la tensión superficial.
- Ayudan al plaguicida a penetrar en pequeños espacios.
- Mejoran el contacto del plaguicida con la plaga.

Entre los dispersantes más comunes están los polímeros de alquil-aril-sulfonatos y las ligninas sulfonadas en forma de sal sódica.

- **Emulgentes:**

- Favorecen la mezcla de dos sustancias líquidas insolubles.

Son compuestos tensoactivos constituidos por moléculas que contienen grupos de carácter hidrófilo (polares) y lipófilo (grasos) los cuales



se utilizan en la preparación de formulaciones de plaguicidas emulsionables.

Estas sustancias se sitúan en la interfase de los líquidos emulsionados, de forma que la parte hidrófila queda orientada hacia el agua y la parte lipófila hacia la sustancia emulsionada.

El emulgente debe disolverse en la mezcla que contiene el disolvente y el plaguicida. La formulación, mediante una agitación suave, se dispersa, formando una emulsión lechosa al verterse en agua. Para que un emulgente sea eficaz, debe existir en su molécula un balance adecuado entre los grupos hidrófilo y lipófilo.

El tipo de emulsión más común está representado por gotas de aceite suspendidas en el agua.

- **Espesantes:**

- Dificultan la volatilización.
- Reducen la deriva y con ello los riesgos de contaminación hacia áreas aledañas (*v.gr.* ríos, centros de población, cultivos vecinos).
- Aumentan la viscosidad de la solución.
- Aumentan el tamaño, el peso y la velocidad de caída de las gotas, mejorando así la penetración y la cobertura del producto aplicado sobre la superficie de interés.

Los espesantes se usan, frecuentemente, para disminuir la deriva durante las aplicaciones de ciertos herbicidas.

Los derivados de algina, la hidroxietil celulosa y la poliacrilamida aniónica (=copolímeros de acrilato de sodio y acrilamida dispersos en aceite mineral) son ejemplos de sustancias que se emplean con este fin.

- **Humectantes:**

- Logran una buena mojabilidad sobre la superficie de aplicación.
- Evitan que el polvo flote.
- Favorecen la penetración del i.a. por los estomas.

Los humectantes se utilizan con formulaciones en polvos mojables en calidad de agentes tensoactivos (= disminuyen la tensión superficial).

Según la naturaleza de la parte hidrófila de la molécula, estas sustancias se clasifican en:

1. Aniónicos (*v.gr.* oleato sódico, estearato de etanolamina, dodecilfenilsulfonato sódico, dioctilsulfosuccinato sódico, dodecilsulfato sódico, cetilsulfato sódico).
2. Catiónicos (*v.gr.* cloruro de dodeciltrimetilamonio, cloruro 1-hidroxietil-2-heptadecilimidazolidinio).
3. Anfóteros (*v.gr.* N-laurilglicocolato sódico, N-metil-N-oleilaurato sódico).
4. No-iónicos (*v.gr.* ésteres de sorbitol y sorbitán, polioxietilenderivados).

Los jabones sódicos (*v.gr.* oleato sódico) son alcalinos, por lo que pueden alterar negativamente la actividad de algunos plaguicidas.

- **Penetrantes:**

- Maximizan la acción de los plaguicidas al facilitar su paso a través de las membranas celulares.

- **Prolongadores de vida útil:**

- Impiden el lavado y la abrasión.
- Reducen el proceso de fotodegradación, actuando como filtros de las radiaciones solares.
- Reducen la volatilización.

- Favorecen la persistencia del producto.
- **Surfactantes:**
 - Reducen la tensión superficial de los líquidos. De esta manera, las gotas de plaguicida, en vez de depositarse en forma esférica, se expanden y mojan mejor las superficies con que entran en contacto.
 - Ayudan al plaguicida a penetrar en pequeños espacios.
 - Mejoran el contacto del plaguicida con la plaga.
 - Impiden el lavado y la abrasión.
 - Dificultan la volatilización del plaguicida.

Existen dos tipos de surfactantes:

1. Iónicos: se polarizan al formar soluciones con el agua y pueden ser aniónicos (con cargas negativas) o catiónicos (con cargas positivas). Los surfactantes iónicos no deben ser utilizados con plaguicidas que tengan moléculas polares porque pueden inactivarlos.
2. No-iónicos: no reaccionan con el agua y son compatibles con la mayoría de los plaguicidas.

A veces se intenta reemplazarlos con productos de uso casero, como jabones o detergentes, los cuales pueden actuar bien como agentes tensoactivos; sin embargo, hay que asegurarse de que su utilización no modifique de manera significativa la acidez (pH) de la disolución por utilizar, o llegue a provocar cambios químicos de otro tipo (*v.gr.* ionizaciones) que puedan alterar, directa o indirectamente, la eficacia del plaguicida. La utilización de jabones comerciales en polvo suele alcalinizar las soluciones, lo que acelera la

velocidad y el grado de degradación de ciertos plaguicidas (Cuadro 2).

- **De efectos combinados:** como adherente-humectante (*v.gr.* éter de alquil-aril poliglicol, estearato de etanolamina y ciertos aceites vegetales), adherente-espesante (*v.gr.* carboximetilcelulosa), adherente-humectante-dispersante (*v.gr.* alquil-aril-polioxi-etilenglicol), adherente-humectante-antiespumante-tampón (*v.gr.* polisacárido lineal de alto peso molecular + fosfato monopotásico + hidróxido de sodio + nonilfenol-10 moles de O.E. + alcohol polivinílico + dimetil polisiloxano), penetrante-humectante (*v.gr.* nonoxinol).

La elección de los coadyuvantes más adecuados debe considerarse cuidadosamente en cada caso. Para ello es importante tomar en cuenta los siguientes factores:

1. Las características físico-químicas de los i.a. de los plaguicidas.
2. La naturaleza del portador de la formulación.
3. La naturaleza del diluyente utilizado en la formulación.
4. El tamaño de gota que ha de producir el pulverizador.
5. El volumen de líquido por unidad de superficie (bajo o alto volumen).
6. Características de las superficies por tratar (*v.gr.* cutículas foliares).

De igual manera se recomienda experimentar con ellos antes de realizar las aplicaciones definitivas.

Es importante anotar que en virtud de los resultados de recientes investigaciones, algunas de las sustancias auxiliares son ahora cuestionadas por sus propiedades tóxicas. El adjetivo "inerte" aplicado a algunas de las sustancias auxiliares se refiere solo a la propiedad de estas

materias de no reaccionar con los i.a. de los plaguicidas. En la actualidad se reconoce que algunas de estas sustancias muestran actividad plaguicida propia.

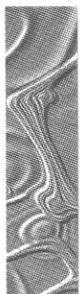
Dependiendo del tiempo y las condiciones de almacenamiento, así como de su tipo y calidad, las sustancias auxiliares pueden afectar, tanto negativa (antagonismo) como positivamente (sinergismo), el potencial tóxico de las formulaciones originales.

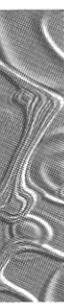
Tipos de formulaciones

A continuación se describen las características más sobresalientes de diversos tipos de formulaciones de acuerdo con su manera de aplicación.

1. Aplicaciones líquidas o aspersiones: con 80% de la oferta mundial de plaguicidas, las aspersiones constituyen el método de aplicación más frecuente.

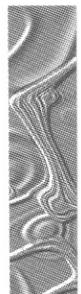
- **Cápsulas en suspensión:** consiste en una suspensión de microcápsulas que contienen el material técnico en una fase acuosa e ingredientes adicionales de la formulación. Se presenta en forma cremosa y lista para ser mezclada con agua para su aplicación.
- **Concentrados emulsionables:** se trata de disoluciones de i.a. insolubles en agua, sólidos o líquidos, en disolventes orgánicos. Agregando los emulgentes adecuados, tales disoluciones pueden mezclarse con agua, convirtiéndose entonces en una emulsión blanquecina y lechosa. Es fundamental que la emulsión por aplicar se mantenga estable; sin embargo, en caso de que se separen los componentes, la homogeneidad de la emulsión se restablece agitándola y bombeándola.
- **Concentrados pastosos:** son formulaciones sólidas para ser aplicadas como un gel o una pasta después de su disolución con agua.
- **Concentrados solubles en agua:** consisten en concentrados de i.a. o sus sales, disueltos en agua o en disolventes miscibles con agua. Esto significa que los i.a. deben tener suficiente solubilidad en agua, facultad que solo la poseen pocas sustancias en la actualidad.
- **Emulsiones de aceites en agua:** son formulaciones fluidas heterogéneas que consisten en una disolución del i.a. en un líquido orgánico (*v.gr.* aceite) dispersado como glóbulos finos en una fase acuosa. Entre estas se distinguen dos tipos de emulsiones: las microemulsiones y las macroemulsiones. Las primeras son disoluciones transparentes, en tanto que las segundas presentan un aspecto turbio y lechoso.
- **Emulsiones de agua en aceite:** son formulaciones fluidas heterogéneas que consisten en una disolución del plaguicida en agua dispersada como glóbulos finos en una fase líquida orgánica continua.
- **Granulados dispersables en agua:** consisten en una mezcla homogénea de los materiales técnicos, los materiales inertes y los ingredientes adicionales de la formulación. Tienen una forma granular que se aplica después de su desintegración y dispersión en agua. El producto es seco y libre de gránulos. Este tipo de formulación está sustituyendo a las formulaciones de polvos mojables.
- **Líquidos cargables eléctricamente:** son formulaciones líquidas especiales adecuadas para





su pulverización electrostática o electrodinámica.

- **Microencapsulados:** esta formulación consiste en "envolver" el i.a. dentro de una cápsula. El producto encapsulado está en estado líquido, y al mezclarse con agua, las microcápsulas se suspenden en esta, por lo que debe mantenerse una buena agitación. Al aplicarlas liberan los i.a. lentamente. Si bien su cuota de participación en el mercado actual es menor al 1%, se espera que en el futuro cobren mayor importancia debido a las bondades que ofrecen con respecto a otros tipos de formulaciones.
 - **Pastas:** son concentrados sólidos o líquidos suspendidos en un líquido. Las pastas más comunes contienen el plaguicida finamente molido y suspendido en un emulsificante. Puede ser considerada como una pasta preparada de antemano y envasada para agregarse al tanque de aplicación. Puesto que es una suspensión, es necesario agitar bien el recipiente antes de medirlo y preparar la mezcla que se desea aplicar.
 - **Pastillas de liberación controlada:** son bloques sólidos preparados para la liberación controlada del i.a. en el agua.
 - **Polvos dispersables en aceite:** son polvos que se aplican como una suspensión después de su dispersión en un líquido orgánico.
 - **Polvos mojables:** consisten en mezclas homogéneas de los productos técnicos con las sustancias auxiliares apropiadas. Se presentan en forma de polvo fino y se aplican como una suspensión después de que ha ocurrido su dispersión en el agua.
- El polvo es capaz de mojarse y mantenerse en suspensión en agua durante un tiempo más o menos largo. El producto formulado comercial es seco y libre de gránulos.
- Los inconvenientes de este tipo de formulación, relacionados con el peligro de contaminación para el usuario por las emanaciones de polvos al manipular el producto, pueden eludirse envasando el material en bolsas plásticas solubles en agua (BPSA). Esta modalidad no ha tenido mayor difusión hasta la fecha por los siguientes motivos: la lentitud de la disolución de ciertas bolsas, el costo mayor de la formulación y la dificultad de dosificación en cantidades parciales.
- **Polvos solubles en agua:** son polvos para aplicarse como una solución verdadera del i.a. después de su dilución en agua. Son relativamente pocos los preparados existentes en este tipo de formulación (v.gr. 2,4-D; sales de sodio o de potasio o aminas del herbicida MCPA).
 - **Productos para aplicaciones a ultra bajo volumen (UBV o "ULV"):** se refiere a formulaciones líquidas que se encuentran listas para aplicarse con equipo de UBV (≤ 5 litros/ha). Por lo general se utiliza aceite como vehículo y disolvente. En vista de que las gotas aplicadas con esta técnica son muy pequeñas, el disolvente ideal debe poseer: buena capacidad solvente, así como volatilidad, viscosidad y fitotoxicidad bajas.
 - **Suspensiones concentradas:** consisten en una suspensión de partículas finas del material técnico en una fase acuosa e ingredientes



adicionales de la formulación. Se presentan en forma cremosa y lista para ser mezclada con agua para su aplicación.

- **Tabletas:** formulación sólida en forma de chapas o láminas lisas y pequeñas que se disuelven en agua.

2. Aplicaciones sólidas:

- **Cebos:** generalmente usados para el control de roedores y moluscos (v.gr. babosas). Por lo general la materia inerte está compuesta por sustancias que sirven como atrayentes y protectores del i.a. Entre las formas especiales de cebos están los cebos en bloques, los concentrados, en gránulos, en plaquitas, los preparados y los troceados.
- **Granulados:** este tipo de formulaciones se aplica directamente a las plantas o al suelo. La materia inerte es un producto ya preformado. El proceso de fabricación de las formulaciones granuladas debe ser cuidadoso para conseguir una buena homogenización y reparto del i.a. en la materia inerte. La concentración de producto activo en estas formulaciones varía entre 2,5 y 10%, aunque algunas veces es mayor. Dentro de las formulaciones granuladas están los encapsulados (con una cubierta protectora o de liberación controlada). De acuerdo con el diámetro de las partículas, los productos granulados se clasifican en macrogranulados (600-2000 μm) y microgranulados (100-600 μm).
- **Pastas:** su función principal es proteger a la planta de los ataques de insectos, hongos y bacterias, cuando se ocasionan heridas por podas, injertos o por causas naturales.

- **Comprimidos ("pellets"):** son formulados especialmente para el control de hormigas arrieras. El porcentaje de i.a. en la formulación final suele ser muy bajo. La forma de los comprimidos es cilíndrica y mide cinco milímetros de largo, aproximadamente. Existen algunos molusquicidas con este tipo de formulación.

- **Polvos:** son formulaciones con consistencia sólida de partículas finas donde los i.a. están adheridos a los materiales inertes. Se aplican directamente sobre las plantas.

3. Aplicaciones como fumigantes: estas son aplicaciones que producen una niebla o aerosol de gotas muy finas (10-30 μm). Al principio se utilizaban solo para aplicaciones domésticas, pero actualmente se han desarrollado aplicadores automáticos para fábricas, molinos, almacenes agrícolas, invernaderos y otros.

- **Aerosoles:** formulaciones cuyo producto es dispersado, mediante un propulsor, en forma de partículas o gotitas, por el movimiento de una válvula. Por sus características, los disolventes más utilizados en este tipo de formulaciones son, entre otros, el queroseno desodorizado, el xileno y el diclorometano. Entre los propelentes más utilizados están los clorofluorometanos (freones), el butano líquido, el CO_2 y el NO .
- **Humos o fumígenos:** es una formulación combustible, generalmente sólida, la cual con ignición o mediante reacciones químicas que se desencadenan al contacto con el aire, libera el i.a. en forma de humo. Entre las diferentes modalidades están las barritas, las espirales, los granulados, los botes o envases, las candelas, las pastillas, las tabletas y los cartuchos.

Una forma muy conocida es la espiral para mosquitos que suele quemarse en los dormitorios.

- **Gases a presión:** los i.a. suelen venir en recipientes metálicos a presión (*v.gr.* bromuro de metilo). Esta formulación se aplica con un dispositivo especial, pues se requiere que los productos por tratar estén en un local herméticamente cerrado o protegidos con una cobertura impermeable al gas (*v.gr.* plástico).
- **Polvos:** se usan generalmente para eliminar hongos fitopatógenos del suelo. Se requiere que el suelo esté suelto y húmedo. En algunos casos el suelo debe regarse y moverse durante varios días.

- **Producto difusor de vapores:** es un tipo de formulación que contiene uno o más i.a. volátiles, cuyos vapores son liberados en el aire. La tasa de evaporación normalmente es controlada mediante formulaciones adecuadas y dispersadores.
- **Producto para nebulización en caliente:** es una formulación adecuada para la aplicación con equipo para nebulización en caliente, ya sea directamente o después de su dilución.

En el Cuadro 3 se sintetizan las ventajas y desventajas de algunas de las formulaciones líquidas y sólidas mencionadas.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas de algunas formulaciones de plaguicidas (Bayer, 1993; Valverde, 1994).

Tipo de formulación	Ventajas	Desventajas
Sólida Granulados dispersables en agua	<ul style="list-style-type: none"> • Más seguros para el usuario • No desprenden polvo • Se pueden medir fácilmente con un vaso graduado • Los envases pueden vaciarse sin dificultad 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación más compleja y costosa que las formulaciones convencionales
Microencapsulados	<ul style="list-style-type: none"> • Liberación controlada de los i.a. • Pueden aplicarse con equipo convencional • Formulación estable • Control de volatilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de desarrollo • Difícil de corregir productos que no cumplen con especificaciones • Inflexibles en la manufactura
Pastas	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden medirse por volumen • Poco inflamables • Baratos • Menos irritantes • No reaccionan con aguas duras • No hay riesgo de espolvoreo 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de desarrollo • Requieren agitación en el tanque
Polvos mojables	<ul style="list-style-type: none"> • Altas concentraciones de i.a. • Fáciles de empacar y formular • Empacados en bolsas • Baratos • Más fitocompatibles que los concentrados emulsionables 	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitan • Riesgo por espolvoreo (inhalación) • Pueden aglomerarse en almacenamiento • Abrasivos (desgaste de boquillas) • Riesgo por espolvoreo • Necesidad de pesar el polvo cuando se extrae solo parte del contenido



Tipo de formulación	Ventajas	Desventajas
Polvos solubles en agua	<ul style="list-style-type: none">• Altas concentraciones de i.a.• No requieren agitación en el tanque• Baratos• Más fitocompatibles que los concentrados emulsionables	<ul style="list-style-type: none">• Higroscópicos• Pueden reaccionar con aguas duras• Poca tenacidad y lixiviables• Riesgo por espolvoreo (inhalación)• Necesidad de pesar el polvo cuando se extrae solo parte del contenido
Líquida		
Concentrados emulsionables	<ul style="list-style-type: none">• De fácil producción y manejo• Pueden medirse y dosificarse fácilmente con un vaso graduado• Efecto coadyuvante del disolvente• Mejor penetración por cutícula• Mayor resistencia al lavado• Envases vacíos fáciles de lavar	<ul style="list-style-type: none">• Precio más elevado• Mayor absorción por la piel• Peligrosidad de los disolventes por ser inflamables• Irritantes• Algunos disolventes representan una carga contaminante para el ambiente• Estabilidad depende del pH, la dureza del agua, la temperatura y las condiciones de almacenamiento• Disolventes con mayor volatilidad
Concentrados solubles en agua	<ul style="list-style-type: none">• No requieren agitación en el tanque• No requieren hacer premezclas• Poco inflamables• Baratos• Los envases vacíos se limpian fácilmente	<ul style="list-style-type: none">• Reaccionan con aguas duras• Menor penetración foliar• Poca tenacidad• Mayor riesgo de lixiviación
Microencapsulados	<ul style="list-style-type: none">• Disminuye el número de aplicaciones• Aminoran el riesgo de contaminación para el usuario y el ambiente por concepto de la disminución del número de aplicaciones• Reduce las mermas de i.a. por evaporación• Aumenta la efectividad de i.a. poco persistentes, usando materiales especiales para filtrar el efecto de la luz ultravioleta (<i>v.gr.</i> piretrinas)• Disminuye la exposición a dosis subletales y el desarrollo de resistencia• Insectos benéficos menos expuestos	<ul style="list-style-type: none">• Formulación más compleja y costosa que las formulaciones convencionales
Suspensiones concentradas	<ul style="list-style-type: none">• No desprenden polvos ni contienen disolventes orgánicos• Se pueden medir y dosificar con facilidad	<ul style="list-style-type: none">• Pueden descomponerse durante el almacenamiento• Es difícil la limpieza de los envases vacíos• El desarrollo y la fabricación son costosos

Por lo general, los fungicidas suelen presentarse como polvos mojables, en tanto que los herbicidas e insecticidas como formulaciones emulsionadas. En las etiquetas de los productos, el tipo de formulación suele indicarse con siglas en castellano o inglés.

En el Cuadro 4 se citan algunas de estas, así como los nombres de otros tipos de formulaciones.

Selección de la formulación

Usualmente, la selección de la formulación se decide tomando en cuenta tres factores: precio, disponibilidad en el

mercado y conveniencia del usuario (disponibilidad de equipo).

En general, las formulaciones de polvos mojables contienen las mayores cantidades de i.a. por peso unitario, y son las menos costosas. Sin embargo, al estimar los costos totales, es necesario considerar también la técnica de aplicación, ya que esta puede aumentar las necesidades de mano de obra, equipo y tiempo de aplicación.

En ocasiones, la selección está determinada por la disponibilidad del equipo de aplicación. Así, en donde no se dispone de una aspersora, se prefieren

Cuadro 4. Códigos de algunas formulaciones de plaguicidas (*The Royal Society of Chemistry, 1986*).

Castellano	Inglés	Nombre de la formulación
CC	CB	Cebo concentrado
CG	GB	Cebo en gránulos
--	RB	Cebo preparado
--	SB	Cebo procesado
CE	EC	Concentrado emulsificable
CS	SL	Concentrado soluble
DS	LS	Desinfectante de semillas
--	EW	Emulsión en agua
--	EO	Emulsión en aceite
--	GE	Fumigante
--	GA	Gas (envases a presión)
G	GR	Granulado
GF	FG	Granulado fino
GD	WG	Granulado o tabletas dispersables
--	SG	Granulado o tabletas solubles
--	CG	Gránulos encapsulados
--	OL	Líquido miscible en aceite
P	PA	Pasta
--	OP	Polvo dispersable
PM	WP	Polvo mojable
--	SS	Polvo para desinfección de semillas
--	DP	Polvo para espolvoreo
PS	SP	Polvo soluble
--	UL	Producto para ultra bajo volumen
--	SC	Concentrado en suspensión
--	SU	Suspensión para ultra bajo volumen
--	PT	Tableta o comprimido fumígeno

formulaciones granuladas y polvos de baja concentración, los cuales pueden distribuirse manualmente (*v.gr.* empleando una lata con agujeros en el fondo).

De igual manera, en regiones con problemas de escasez de agua se ha impuesto el uso de este tipo de formulaciones (Matthews, 1988).

Panorama futuro

Años atrás, la acción biológica y la forma de aplicación jugaron un papel importante en la elección de las diferentes formulaciones, en tanto que, hoy en día, son determinantes la seguridad para el usuario y la compatibilidad con el ambiente.

Además de la acción biológica, las formulaciones de los plaguicidas actuales deben satisfacer requisitos como los siguientes: fácil dosificación, escaso desprendimiento de polvo y la posibilidad de vaciar bien el envase o empaque utilizado, o mejor aún, de reciclarlo. Esto significará una tendencia a reemplazar los productos en polvo por suspensiones concentradas y granulados dispersables en agua.

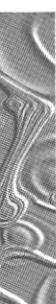
Dada la influencia demostrada de las sustancias auxiliares sobre el efecto biológico de los i.a. y su eficacia, estas cobrarán más importancia en el futuro. Tal efecto reducirá aún más las dosis necesarias de i.a. (Bayer, 1993).

Agradecimientos

El autor desea dejar constancia de su agradecimiento al Lic. Carlos Marín, de la Oficina de Unidades Didácticas de la Universidad Estatal a Distancia, por la revisión filológica que realizó sobre el borrador de este trabajo. Igualmente a la señora Paulina Retana, editora técnica de la Editorial Tecnológica de Costa Rica, por sus sugerencias y comentarios.

Bibliografía

- BAYER 1993. El problema de distribución. Correo Fitosanitario (Leverkusen, Alemania) 1: 2-17.
- COSTA, J.J.; MARGHERITIS, A.E.; MARSICO, O.J. 1974. Introducción a la terapéutica vegetal. Hemisferio Sur, S.R.L.: Buenos Aires. p. 143-190.
- COSTA RICA 1995. Reglamento sobre registro, uso y control de plaguicidas agrícolas y coadyuvantes. Decreto No. 24337-MAG-S. La Gaceta (16.6.95) 115: 2-10.
- CUSTOM CHEMICIDES 1989. Quick guide to buffering. P.O. Box 11216, Fresno, California 93772.
- FONSECA, J.; MATARRITA, L. 1993. Formulaciones y aditivos. Cámara Nacional de Importadores, Fabricantes y Distribuidores de Insumos Agropecuarios. San José, Costa Rica. 12 p.
- LEFFINGELL THOMPSON-HAYWAR CHEMICAL CO. 1976. The importance of pH control in spray solutions. Article No. 3002R.
- LEFFINGELL UNIROYAL CHEMICAL CO. 1981. pH effect on pesticides, Article No. 300 4R-M.
- MATTHEWS, G.A. 1988. Métodos para la aplicación de pesticidas. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. (CECSA): México. p. 57-75.
- PRIMO Y., E.; CARRASCO D., J.M. 1977. Química agrícola II: Plaguicidas y fitorreguladores. Alhambra, S.A.: Madrid. p. 27-80.
- PURE GROW CO. s.f. The importance of spray solutions pH. Technical update No. 7.
- SOSA, H.M. 1994. Uso racional de plaguicidas en cultivos de exportación. En: Curso de capacitación sobre "Uso Racional de Plaguicidas en Cultivos de Exportación". 23-25 de marzo de 1994, CINDE-Programa de Capacitación, San José, Costa Rica. p. 64-67.



THE ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY 1986.
European directory of agrochemical
products, fungicides. 2nd ed. Unwin
Brothers Ltd: Old Working, Surrey, United
Kingdom. Citado por: COREY O., G. y
HENA O H., S. 1991. Plaguicidas inhibidores
de las colinesterasas.

Centro Panamericano de Ecología Humana
y Salud, Programa de Salud Ambiental,
OPS-OMS. Metepec, México. Serie
Vigilancia 11. p. 94-95.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA 1988. The safe
and effective use of pesticides. Publication
3324.

VALVERDE, B. 1994. Area de Fitoprotección del
Centro Agronómico de Investigación y
Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
Comunicación personal.