

0183



09SW-1
1a. reimpression
Enero - 1979



~~Manejo~~ y control de malezas en el trópico

Editor: Jerry Doll, Ph.D.



CIAT/79

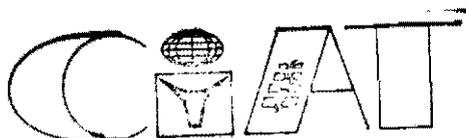
El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas bajas tropicales. Su sede ocupa un terreno de 522 hectáreas, propiedad del Gobierno de Colombia, el cual en su calidad de país anfitrión brinda apoyo a las actividades del CIAT. El Centro trabaja en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en varias de sus estaciones experimentales y también con agencias agrícolas a nivel nacional en otros países de América Latina. Varios miembros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional financian los programas del CIAT. Los donantes en 1979 son: la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID), la Fundación Rockefeller, la Fundación Ford, la Fundación W.K. Kellogg, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) por intermedio de la Asociación Internacional del Desarrollo (IDA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Comunidad Económica Europea (EEC) y los gobiernos de Australia, Bélgica, la República Federal Alemana, Holanda, el Japón, Noruega, Suiza y el Reino Unido. Además, algunas de estas entidades, el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo del Canadá (IDRC), y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), financian proyectos especiales. La información y conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las instituciones, fundaciones o gobiernos mencionados.

@IAT
SB
611
.B69
1979



Manejo y Control de Malezas en el Trópico

Editor: Jerry Doll, Ph. D.



BIBLIOTECA

12 MAYO 1980

48130

4902

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado Aéreo 67-13 Cali, Colombia, S.A.

Cables CINATROP

Prólogo y agradecimientos

Se ha preparado el presente manual sobre el manejo de las malezas para que el agrónomo se familiarice con todos los principios y factores relacionados con esta práctica tan importante en la agricultura moderna. Esta publicación tiene un enfoque práctico, orientado a explicar la importancia de las malezas y a ayudar a desarrollar programas de producción agrícola de una manera efectiva, práctica y económica.

Los textos y las ideas no provienen de una sola persona ni de una sola institución. Básicamente, se han recopilado trabajos de los doctores Juan Cárdenas, Carlos Romero, Jaime Sierra, Darío Vargas, Herbert Fisher y Eduardo Locatelli; también, de otros técnicos del Instituto Colombiano Agropecuario tales como M. S. Leopoldo Morales, Dr. Ramiro de la Cruz, I.A. Carlos Carmona y M.S. Néstor Ramos; de técnicos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP del Ecuador, entre ellos, M.S. Francisco Gabela, I.A. Eloy Salazar, I.A. Alfredo Veloz e I.A. Fausto Venegas.

Dentro del CIAT, el I.A. Wilson Piedrahita, sin lugar a dudas, ha hecho una gran contribución con su infatigable dedicación al trabajo con herbicidas. Deseo agradecer también a la I.A. Cilla Fuentes por su colaboración en la edición, igualmente a Patricia de Tobón por la mecanografía del texto.

A todas estas y muchas otras personas a quienes —debido a falta de espacio— no es posible mencionar su nombre, se agradece altamente su excelente y entusiasta contribución.

Jerry Doll
Editor

En esta publicación, se incluyen solamente los nombres comerciales de los herbicidas para facilitar su identificación. La omisión de los nombres de otros productos iguales o similares no es intencionada, ni tampoco implica desaprobación. El uso de aquellos nombres comerciales no constituye su promoción.

CONTENIDO

	Pág.
PROLOGO Y AGRADECIMIENTO	V
CAPITULO I	
Principios de Control de Malezas	1
CAPITULO II	
Malezas Tropicales Comunes en los Cultivos	10
CAPITULO III	
Algunas Familias Importantes de Plantas invasoras: Características para su Reconocimiento	13
CAPITULO IV	
Competencia y Alelopatía	25
CAPITULO V	
Equipo de Aspersión	35
CAPITULO VI	
Calibración de aspersoras Terrestres	52
CAPITULO VII	
Principios de Selectividad de los Herbicidas	61
CAPITULO VIII	
Modo de Acción y Síntomas de Daño a los Herbicidas	78
CAPITULO IX	
Factores que Inciden en la Efectividad de los Herbicidas	85
CAPITULO X	
Formulaciones de Herbicidas	94
CAPITULO XI	
Surfactantes: Clases, Propiedades y Aplicaciones Prácticas ..	102
CAPITULO XII	
Problemas y Cálculos	108
CAPITULO XIII	
Precauciones en el Uso de Herbicidas	110
ALGUNAS REFERENCIAS UTILES SOBRE CONTROL DE MALEZAS	114

I. Principios de control de malezas en cultivos de clima cálido

*Jerry Doll**

INTRODUCCION

La agricultura moderna exige la integración de todos los factores de producción. Los factores de variedad, fertilidad, manejo de agua y control de insectos, enfermedades y malezas, están relacionados íntimamente de tal manera que cualquier factor puede ser el limitante en la expresión óptima de todos los demás. Por ejemplo, la adaptación de una nueva variedad de arroz sin el uso de abonos o control de plagas, no rendirá casi nada, puesto que tales variedades necesitan un nivel de nutrimentos más alto que los tradicionales.

Aunque el control de malezas se ha practicado desde hace miles de años, ha sido el área más descuidada tecnológicamente. El hecho de que este factor no haya sido estudiado anteriormente, tanto como el control de insectos, por ejemplo, se debe a que el efecto de las malezas sobre los cultivos no es tan obvio o espectacular como el daño de insectos, enfermedades y deficiencias nutricionales. Además, siempre ha sido fácil hacer desyerbas manuales o mecánicas.

Sin embargo, la necesidad de aumentar los rendimientos, de mejorar la calidad de la cosecha y de reducir los costos de producción, obligaron a los científicos y agricultores a reconsiderar cuáles de los factores de producción eran limitantes. Las experiencias en el campo han demostrado que los estragos causados por malezas son de igual magnitud o mayores que los ocasionados por insectos y enfermedades.

Métodos de control

El control de malezas debe ser sistemático e integrado. No existe un método de control que se adapte a todos los problemas. Para realizar un control integrado se deben considerar los métodos culturales, los mecánicos y los químicos.

* Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia.

Por control cultural se entiende el control ejercido por el cultivo sobre las malezas debido a su capacidad para competir con ellas. Siempre se debe recordar que un cultivo bien establecido y vigoroso es el factor más importante en un programa integrado de control de malezas. Las bases para un control cultural son: el uso de semilla certificada (libre de semillas de malezas), una buena preparación de terreno, buena humedad que asegure el rápido y buen establecimiento del cultivo, fertilización adecuada y densidades óptimas de siembra para la variedad y la zona (distancia entre surcos y distancia entre plantas en el surco).

Además, se debe mantener un buen programa de control de insectos y enfermedades y en algunos casos, como en el cultivo del arroz, se debe mantener el riego en determinado nivel que conserve las malezas bajo control. En el caso de problemas como el arroz rojo, un programa de rotación de cultivos puede servir para reducir considerablemente la población de esta maleza.

En cultivos "cerrados" como arroz y trigo el control mecánico o manual es muy limitado y el control cultural es de gran importancia y debe ser complementado con el control químico.

El control mecánico se realiza por medio de implementos adaptables al tractor o a mano y su propósito es desalojar las malezas de su contacto íntimo con el suelo causando su secamiento o bien enterrándolas. Una de las condiciones más importantes para un buen control mecánico es que debe efectuarse oportunamente, en los primeros 10 días de cultivo, para evitar pérdidas de rendimiento y por facilidad de control. Las malezas de más de cinco hojas son difíciles de controlar mecánicamente. Hay que tener en cuenta también que para realizar una desyerba efectiva se requiere efectuarla tanto en el surco como entre surcos. En general, el control mecánico deja malezas en el surco si no se realiza adecuadamente. Al usarse cultivadoras, éstas deben ser ajustadas de tal manera que controlen las malezas entre surcos, cubran y entierren las malezas en el surco y no dañen el cultivo. El factor más limitante en este método es que no hay ningún control residual y en épocas lluviosas, la maleza puede reinfestar el campo en corto tiempo. Cuando el control mecánico es oportuno y bien realizado, una o dos desyerbas pueden ser suficientes para obtener un cultivo libre de malezas.

El control químico de malezas ha tomado un gran auge en años recientes, debido al desarrollo de herbicidas altamente selec-

tivos hacia cultivos específicos. Sin embargo, siempre se debe recordar que el control químico es un medio de control de malezas, no el único y de ninguna manera el más efectivo en todos los casos.

La selectividad en cultivos desarrollados es un factor importante en los herbicidas; sin embargo, aquellas malezas que más se asemejan al cultivo son más difíciles de controlar. Por ejemplo, el alaclor (Lazo) y la trifluralina (Treflan), herbicidas selectivos usados en cultivos de soya y algodón, controlan la mayoría de las malezas que los frecuentan. Una de las excepciones más notables es la batatilla la cual no se controla con el uso de estos productos. La batatilla es una dicotiledónea de semilla grande como la soya y el algodón.

Con base en que ningún herbicida es totalmente selectivo a un cultivo específico y que en la mayoría de los campos el complejo de malezas es variado, siempre existe la posibilidad de que, dentro de ese complejo, se encuentren malezas resistentes al herbicida (Cuadro 1-1).

Cuadro 1-1 Grado de susceptibilidad de algunas familias de malezas hacia varios herbicidas (los datos están sujetos a revisión y existen excepciones en cada caso).

Familia de Plantas	Herbicida																		
	Gesaprin	Gesagard	Karmex	Aflion ó Lorox	Cotonen	Vernam	Suten	Cobexo	Treflan	Prowl	Machete	Lazo	Siam ó Surcapur	MSMA	2,4-D	2,4,5-T	Gramoxone	Roundup	Sencor
Gramineae	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	-	+	+	0
Compositae	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Malvaceae	+	+	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	-	+	+	0	0	+
Leguminosae	+	0	0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	+	+	+	0	-
Amaranthaceae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	+	0	+	+	+	+	+
Cyperaceae	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	0	+	0	0	0	+	-
Portulacaceae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	+	0	+	+	0	+	+
Euphorbiaceae	+	+	-	-	0	+	+	0	0	0	0	0	+	0	+	+	+	+	+
Cucurbitaceae	+	+	0	0	+	-	-	-	-	-	-	-	0	0	+	+	+	+	+
Convolvulaceae	+	+	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0	+	0

+ Susceptible

0 Parcialmente susceptible o control errático

- No susceptible

Con relación a costos se debe hacer énfasis en que el método de control más barato no siempre es el más eficaz y económico. Para asegurar un control efectivo se deben integrar el control cultural, mecánico y químico.

¿Cómo determinar el programa de control?

Cualquier tipo de control de malezas debe ser enfocado hacia el problema específico del campo. Para ello, se debe conocer en detalle el complejo de malezas, el tipo de suelo (textura y materia orgánica), los medios y equipo de que se dispone, los factores económicos, la residualidad del herbicida, los cultivos de rotación y la compatibilidad con otros insumos.

Las malezas anuales son relativamente fáciles de controlar por medios mecánicos; las perennes, como el coquito (*Cyperus rotundus*) y el pasto Argentina (*Cynodon dactylon*), por el contrario, son difíciles de controlar mecánicamente.

Respecto al complejo de malezas se puede decir que existen malezas dominantes y malezas secundarias. Si el control químico se enfoca únicamente hacia el control de las malezas dominantes, las malezas secundarias pueden volverse agresivas y dominantes, de tal manera que el control inicial de las malezas predominantes puede llegar a ser desventajoso por las pérdidas que ocasionan las secundarias. Por ejemplo, el meloncillo, de hábito de crecimiento rastroso, puede ser una maleza dominante en un complejo de malezas gramíneas y de hoja ancha. Si se le controla con el uso de 2,4-D (en maíz) el desarrollo de las otras malezas, principalmente de las gramíneas, puede ser de tales proporciones que el efecto de la competencia resulte ser más perjudicial al cultivo que el daño que puede causarle el meloncillo. Otro ejemplo es el control del coquito con herbicidas tiolcarbamatos (Vernam y Sutan). Estos productos controlan el coquito efectivamente, pero, al eliminar esta maleza, puede surgir una población de plantas de hoja ancha que impida el desarrollo normal del cultivo.

El mal uso de herbicidas puede provocar daño al cultivo y/o pérdida de dinero debido a un control de malezas deficiente. Los herbicidas recomendados como preemergentes no se deben emplear como postemergentes y viceversa. Por ejemplo, el 2,4-D en preemergencia es tóxico al arroz y al sorgo mientras que en postemergencia la selectividad es ampliamente adecuada. Los herbicidas recomendados para el control de un determinado tipo de

malezas no se deben emplear para el control de otras malezas. Por ejemplo, el 2,4-D es un herbicida que se debe emplear únicamente para el control de ciertas malezas de hoja ancha y no para el control de gramíneas.

El tipo de suelo influye en la dosis del herbicida y en algunos casos, en la selectividad del herbicida hacia el cultivo. En general, se requieren dosis más altas de herbicidas en suelos pesados que en suelos livianos. Con la materia orgánica sucede lo mismo ya que se requiere una mayor dosis en suelos con alto contenido de materia orgánica. Algunos herbicidas, como el diurón (Karmex) en algodón y el linurón (Afalón) en soya, son recomendados únicamente en suelos pesados debido a que en suelos livianos pueden ser tóxicos al cultivo.

Mezclas de herbicidas

Recientemente, se ha incrementado el uso de mezclas de herbicidas. Estas mezclas son efectivas y económicas únicamente cuando se las utiliza con un fin determinado. Las razones para emplear mezclas de herbicidas son:

1. Ampliar el rango de acción del herbicida. El uso de dos herbicidas que se complementan en el control de malezas resistentes a uno de los herbicidas en la mezcla, es la justificación más común para emplear mezclas.
2. Aumentar la selectividad hacia el cultivo. Por ejemplo, uno de los herbicidas de la mezcla es muy efectivo para el control de malezas pero la selectividad hacia el cultivo es marginal. En mezcla con otro herbicida de alta selectividad, pero con menos eficacia de control, se puede emplearlo reduciendo la dosis.
3. Disminuir el costo. Cuando uno de los herbicidas de la mezcla es altamente eficaz pero demasiado caro.
4. Disminuir la posibilidad de residuos hacia cultivos de rotación. Por ejemplo, productos económicos y altamente efectivos pero con un poder residual largo y tóxicos al cultivo de rotación, se pueden aplicar en una dosis reducida en mezcla con otro producto no tan residual.

PRECAUCION

En el uso de mezclas, algunas combinaciones de herbicidas resultan tóxicas al cultivo aún cuando la selectividad de cada herbicida usado individualmente sea alta. En maíz, el uso de atrazina

(Gasaprim) + aceite, o de 2,4-D es relativamente selectivo. Cuando los tres son combinados en una aplicación postemergente, el cultivo es severamente afectado. Además, el uso de dos formulaciones diferentes (por ejemplo polvos mojables y concentrados emulsionables) a veces presentan problemas de incompatibilidades.

Herbicidas hormonales

Los herbicidas "hormonales", como el 2,4-D, el 2,4,5-T, el picloram (Tordon) y el dicamba (Banvel D) deben emplearse con mucha precaución. Todos los cultivos de hoja ancha son susceptibles a los herbicidas hormonales en dosis extremadamente bajas.

Cultivos susceptibles a herbicidas "hormonales":

algodón	papa
uva	tabaco
maní	ajonjolí
soya	piña
frijol	arvejas
yuca	leguminosas forrajeras
banano	tomate
hortalizas	

Cultivos generalmente no susceptibles a herbicidas "hormonales":

maíz	trigo
sorgo	cebada
caña	avena
arroz	pastos forrajeros

En general, todos los cultivos son susceptibles a los herbicidas "hormonales" cuando se encuentran en estado de floración. Se deben tomar las precauciones necesarias para prevenir el daño a los cultivos cercanos susceptibles, tales como: reducir la presión de la aplicación; no aplicar cuando hay viento o cuando hay altas temperaturas; usar una formulación no volátil o de baja volatilidad.

La aspersora que se use para aplicar productos hormonales debe lavarse primero con agua limpia y después, con una solución del 2 por ciento de amoníaco y dejarse en la aspersora por 12 horas.

Epocas de aplicación

1. *Herbicidas presiembra incorporados (PSI)*

Son herbicidas que se aplican antes de la siembra y requieren incorporación o mezcla mecánica con el suelo para que queden distribuidos en una capa uniforme, zona en la cual germinan la mayoría de las semillas de malezas (cuatro centímetros superiores). Su incorporación también evita la pérdida por volatilidad y fotodescomposición del producto. Mientras más corto sea el tiempo entre la aplicación y la incorporación, mayor será la efectividad del producto. Es importante seguir la profundidad recomendada. La incorporación demasiado profunda del herbicida reduce su efectividad al distribuirse mucho en el suelo y además, puede ocasionar daños al cultivo. La incorporación demasiado superficial puede permitir la germinación de semillas de malezas que quedan por debajo de la zona de incorporación. La mezcla mecánica distribuye estos productos por debajo de la superficie del suelo, en la zona de germinación de las malezas; por lo tanto, la falta de lluvia después de la aplicación no les impide que actúen como ocurre con los herbicidas preemergentes.

Las herramientas más comunes para la incorporación de estos productos son el rastrillo de discos y el rotovator. Cuando se emplea el rastrillo de discos, es necesario hacer dos rastrilladas en cruz (la segunda rastrillada en dirección perpendicular a la primera).

2. *Herbicidas preemergentes (Pre)*

Son herbicidas que se aplican después de la siembra pero antes de que broten el cultivo y las malezas. Estos productos actúan sobre las semillas de malezas que están en el estado de germinación. Por ser aplicados sobre la superficie del suelo requieren lluvia después de su aplicación para ser distribuidos en la zona de germinación de las malezas. La ventaja de estos herbicidas es que no requieren incorporación con el suelo.

3. *Herbicidas postemergentes (POST)*

Son los que se aplican después de la emergencia del cultivo y/o las malezas. Tienen la ventaja de ser útiles en emergencia, pues no se aplican hasta que hayan salido las malezas. Pueden ser aplicados en cualquier tipo de suelo y no dependen de la condición de humedad del suelo. En algunos casos hay mayor riesgo de daño al cultivo. No se deben aplicar cuando las plantas ya están mojadas de rocío o de lluvia. Asimismo, deben transcurrir por

lo menos ocho horas después de la aplicación, sin llover, para alcanzar el máximo efecto. A veces, se recomienda el uso de surfactantes para aumentar la acción de estos herbicidas.

Algunas de las ventajas de los herbicidas presiembrados y preemergentes incluyen las siguientes:

- a) Dan un mejor control de las malezas que con aplicaciones postemergentes.
- b) Hay menos peligro de dañar el cultivo, en comparación con aplicaciones postemergentes.
- c) No hay competencia temprana del cultivo con el control inicial de las malezas.
- d) Las malezas ya están controladas, en caso de lluvias fuertes que no permitan la realización de labores manuales o mecánicas.
- e) Se puede sembrar y aplicar el herbicida en una sola operación.

Las desventajas son:

- a) Generalmente, las aplicaciones preemergentes no son efectivas en condiciones secas del suelo.
- b) En suelos livianos, las fuertes lluvias pueden lixiviar el producto hasta el nivel en que se encuentra la semilla del cultivo y presentar daños.
- c) No controlan muchas malezas perennes.
- d) Pueden reducir la eficiencia de la siembra.

Formulaciones de herbicidas

Los herbicidas, al igual que otros pesticidas, se venden en varias formulaciones (Cuadro 1-2). Los más comunes son: polvos mojables, concentrados, soluciones, granulares y polvos solubles (ver Capítulo X).

Cuando se aplican polvos mojables, la aspersora necesita un buen sistema de agitación en el tanque para que no ocurra la sedimentación. Si la agitación no es suficiente, el control de malezas será deficiente y se puede ocasionar daño al cultivo, además de aumentar la posibilidad de residuos tóxicos para los cultivos de rotación.

Cuadro 1-2 Formulaciones de varios herbicidas comunes.

Polvos mojables	Polvos solubles	Concentrados emulsionables	Soluciones	Granulares
Hyvar-X	Basfapon	2, 4-D éster	Amiben	Lazo
Gesaprim	Dowpon	Lazo	2, 4-D amina	Tok
Afalon	TCA	Vernam	Banvel-D	Ordram
Cotoran	Velpar	Erradicane	Gramoxone	
Blade-X		Preforan	Roundup	
Sencor		Stam	MCPA	
Karmex		Treflan		
Lorox		Cobexo		
Tomilón		Premerge		
		Saturno		
		2, 4, 5-T		
		Modown		
		Prowl		

II. Malezas tropicales comunes en los cultivos

*Jerry Doll**

1. CULTIVOS DE SECANO (maíz, soya, frijol, yuca, arroz de secano)

A. CYPERACEAS

Nombre científico

1. *Cyperus diffusus*
2. *C. esculentus*
3. *C. ferax*
4. *C. rotundus*
5. *Rhynchospora corymbosa*

B. GRAMINEAS

Nombre científico

6. *Cenchrus brownii*
7. *C. echinatus*
8. *Cynodon dactylon*
9. *Digitaria sanguinalis*
10. *Echinochloa colonum*
11. *E. crusgalli*
12. *E. crus-pavonis*
13. *Eleusine indica*
14. *Ischaemun rugosum*
15. *Leptochloa filiformis*
16. *L. univervia*
17. *Panicum fasciculatum*
18. *P. maximum*
19. *Paspalum conjugatum*
20. *P. notatum*
21. *Rottboellia exaltata*
22. *Setaria geniculata*
23. *Sorghum halepense*

* Especialista en Control de Malezas, CIAT. Cali, Colombia.

C. HOJA ANCHA

Nombre científico

24. *Acalypha virginica*
25. *Acanthospermum hispidum*
26. *Achyranthes indica*
27. *Amaranthus dubius*
28. *A. spinosus*
29. *Anoda acerifolia*
30. *Bidens pilosa*
31. *Boerhaavia decumbens*
32. *B. erecta*
33. *Borreria laevis*
34. *Bouchea prismatica*
35. *Caperonia palustris*
36. *Cassia occidentalis*
37. *C. tora*
38. *Cleome spinosa*
39. *Commelina diffusa*
40. *Corchorus orinocensis*
41. *Crotalaria spectabilis*
42. *C. striata*
43. *Croton lobatus*
44. *Cucumis dipsaceus*
45. *C. melo*
46. *Datura stramonium*
47. *Desmodium tortuosum*
48. *Eclipta alba*
49. *Euphorbia hirta*
50. *E. hypericifolia*
51. *Heliotropium indicum*
52. *Ipomoea congesta*
53. *I. hirta*
54. *I. hederifolia*
55. *Kallstroemia maxima*
56. *Lantana camara*
57. *Leonotis nepetaefolia*
58. *Melampodium divaricatum*
59. *Melochia pyramidata*
60. *Mimosa pudica*

61. *Mollugo verticillata*
62. *Momordica charantia*
63. *Phyllanthus niruri*
64. *Physalis angulata*
65. *Portulaca oleracea*
66. *Sesbania exaltata*
67. *Sida acuta*
68. *S. rhombifolia*
69. *Talinum paniculatum*
70. *T. triangulare*
71. *Trianthema portulacastrum*
72. *Tribulus cistoides*
73. *Tridax procumbens*
74. *Xanthium occidentale*

III. Algunas familias importantes de plantas invasoras: características para su reconocimiento

*Herbert Fisher **

La agricultura moderna exige el empleo de técnicas cada vez más sofisticadas. Por ejemplo, un control eficaz y económico de plantas invasoras incluye, muchas veces, el uso de herbicidas altamente selectivos. En ocasiones, esta selectividad se basa en diferencias morfológicas y fisiológicas entre varias plantas (cultivos y malezas); por esta y otras razones, es necesario tener un conocimiento más amplio sobre las malezas para desarrollar un programa de control adecuado.

En el mundo entero hay, aproximadamente, 170.000 especies de Angiospermas (plantas con flores). Este grupo incluye casi todas las plantas consideradas como dañinas o invasoras (cerca de 30.000). De éstas, 1.800 se consideran nocivas por sus características y comportamiento, causando cada año grandes pérdidas a la agricultura.

Para aprender a identificar muchas de estas malezas invasoras, por las características que poseen, es conveniente determinar la familia botánica a que pertenecen:

- Para un profesional sin adiestramiento específico en botánica sistemática, puede ser un trabajo arduo el uso de claves botánicas, aunque se disponga de ilustraciones.
- Un investigador no se encuentra "perdido" en cuanto a la identificación de las malezas, aunque sea en áreas o zonas desconocidas para él.
- La actividad herbicida muchas veces es semejante dentro de algunas familias o entre familias relacionadas. Por ejemplo, el uso continuo de trifluralina o difenamida, en tomate, da origen a que se establezca un número siempre mayor de especies de *Solanum* y *Physalis*, que son de la misma familia del tomate.
- Como el número de familias de plantas invasoras importantes en la agricultura es relativamente pequeño, hay esperanzas de

* Especialista en Control de Malezas, IPFC, Oregon State University, Corvallis, Oregon. Este capítulo fue traducido del portugués por la I.A. Cilia L. Fuentes.

poder controlarlas con los 160 herbicidas que aproximadamente existen disponibles en el mercado. De 300 familias de Angiospermas, apenas 75 incluyen casi el 75 por ciento de las especies. De estas 75 familias, tal vez 40 son realmente importantes, con referencia a plantas invasoras.

- La vía para identificar una planta, radica en el reconocimiento de la posición de la "desconocida" dentro de las unidades de clasificación progresivamente menores. Algunas de estas categorías son:

Reino (Vegetal)

División (Spermatophyta)

Subdivisión (Angiospermae)

Orden (Graminales)

Familia (Gramineae)

Tribu (Panicoidae)

Género (*Echinochloa*)

Especie (*Echinochloa crusgalli*)

Variedad o forma (*Frustrata*)

La familia es la menor de las categorías principales; además, es la más útil. También, es la categoría más frecuentemente encontrada en los estudios taxonómicos.

- Una vez conocida la familia, es posible usar los herbarios locales para identificar una determinada especie de maleza. Para tener una idea de cuáles son las malezas más importantes en América Latina, fue necesario revisar los trabajos presentados en las dos primeras reuniones de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en las Ciencias Aplicadas a las Malezas (ALAM), desde 1971 a 1974.

Las malezas que se consideraron de mayor importancia se encontraron en las 40 familias botánicas que se mencionan a continuación. A fin de tener una lista más completa, se adicionan algunas familias, a las cuales pertenecen malezas de interés especial; estas malezas no fueron citadas en las reuniones de ALAM.

FAMILIAS IMPORTANTES DE PLANTAS INVASORAS EN AMERICA LATINA

I. DIVISION PTERIDOPHYTA

1. Familia Equisetaceae

2. Familia Polypodiaceae

II. DIVISION SPERMATOPHYTA

Subdivisión II. Angiospermas

Clase Monocotyledonae

3. Familia Typhaceae
4. Familia Graminae
5. Familia Cyperaceae
6. Familia Commelinaceae
7. Familia Juncaceae
8. Familia Liliaceae
9. Familia Maranthaceae
10. Familia Cannaceae

Clase Dicotyledonae

Grupo Apétalo (sin pétalos verdaderos)

11. Familia Urticaceae
12. Familia Polygonaceae
13. Familia Chenopodiaceae
14. Familia Amaranthaceae
15. Familia Nyctaginaceae
16. Familia Aizoaceae

Grupo Polypétalo (pétalos separados y diferentes)

17. Familia Portulacaceae
18. Familia Caryophyllaceae
19. Familia Papaveraceae
20. Familia Capparidaceae
21. Familia Cruciferae
22. Familia Leguminosae
 - Subfamilia I. Mimosaceae
 - Subfamilia II. Caesalpinaceae
 - Subfamilia III. Papilionaceae
23. Familia Oxalidaceae
24. Familia Zygophyllaceae
25. Familia Euphorbiaceae
26. Familia Malpighiaceae
27. Familia Malvaceae
28. Familia Melastomastaceae
29. Familia Onagraceae
30. Familia Umbelliferae

Grupo Sympétalo (pétalos unidos)

31. Familia Apocynaceae

32. Familia **Asclepiadaceae**
33. Familia **Convolvulaceae**
34. Familia **Boraginaceae**
35. Familia **Verbenaceae**
36. Familia **Labiatae**
37. Familia **Solanaceae**
38. Familia **Rubiaceae**
39. Familia **Cucurbitaceae**
40. Familia **Compositae**

El presente estudio incluye familias de plantas invasoras, principalmente de cultivos anuales, perennes y pastos (praderas). No se encontraron familias de malezas acuáticas.

Para facilitar la identificación de la maleza en cuestión, se debe tener en cuenta que las 40 familias se dividen en dos grandes grupos: **Pteridophytas** (dos familias) y **Spermatophytas**. En las **Spermatophytas**, solamente es tratada la subdivisión **Angiospermae**, la cual se divide en dos clases: **Monocotyledonae** (8 familias) y **Dicotyledonae**. Esta última, por conveniencia, se ha dividido a su vez en tres grupos, según la disposición de los pétalos: **Apétalo** (sin pétalos verdaderos): 6 familias, **Polypetala** (pétalos separados y diferentes): 14 familias y **Sympetala** (pétalos unidos): 10 familias.

Las características anotadas no sirven para identificar una familia determinada con absoluta certeza, pero indican algunos de los elementos más importantes.

A continuación, se presenta una clave resumida la cual tiene por objeto facilitar la identificación.

CLAVE RESUMIDA PARA IDENTIFICACION

- A. Sin flores vs. con flores
 - Sin flores; probablemente es una **Pteridophyta**; verificar si tiene rizomas (continúa en B).
 - Con flores verdaderas (continúa en C).
- B. Con soros o estróbilos vs. semillas
 - Sin soros, probablemente es de la familia **Polypodiaceae**, verificar si tiene hojas compuestas, curvadas.
 - Si tiene estróbilos probablemente pertenece a la familia **Equisetaceae**; verificar si tiene tallo estriado, hueco, con hojas pequeñas en los nudos.
- C. Monocotiledóneas vs. Dicotiledóneas
 - Si tiene un cotiledón, hojas paralelinervias, flores trimeras, raíz fasciculada y cilindro cambial ausente; es una monocotiledónea (continúa en D).

- Si tiene dos cotiledones, hojas con nervaduras ramificadas, flores pentámeras, tetrámeras o dímeras, raíz axilar y ramificada y cilindro cambial presente; es una dicotiledónea (continúa en E).
- D. Monocotiledóneas (revisar familias 3 a 10)
- E. Dicotiledóneas: pétalos presentes vs. pétalos ausentes
 - Si no tiene pétalos, probablemente es Apétala (revisar familias 11 a 16).
 - Si tiene pétalos, verificar si son separados y diferentes o unidos (continúa en F).
- F. Pétalos separados vs. pétalos unidos
 - Si tiene pétalos separados y diferentes: Polypetala (revisar familias 17 a 30).
 - Si tiene pétalos unidos: Sympetala (revisar familias 31 a 40).

CARACTERISTICAS PRACTICAS PARA EL RECONOCIMIENTO DE ALGUNAS FAMILIAS IMPORTANTES DE PLANTAS INVASORAS EN AMERICA LATINA

I. DIVISION PTERIDOPHYTA

Sin flores verdaderas; se reproducen por medio de esporas y/o vegetativamente.

1. Familia Equisetaceae (helechos)

- Tallo articulado, estriado y hueco
 - Rizoma subterráneo
 - Hojas pequeñas
 - Estróbilos terminales en los ápices de ramas fértiles
- Ejemplo: *Equisetum*.

2. Familia Polypodiaceae

- Hojas compuestas, provenientes de rizomas subterráneos
 - Soros en los márgenes o en las partes inferiores de los folíolos
- Ejemplo: *Pteridium*.

II. DIVISION SPERMATOPHYTA

Con flores verdaderas; se reproducen por medio de semillas y/o vegetativamente.

Subdivisión Angiospermae

Clase Monocotyledonae

3. Familia Typhaceae

- Flores de sexo separado, reunidas en densas inflorescencias cilíndricas. (Inflorescencia masculina en la parte

- superior e inflorescencia femenina en la parte inferior)
- Rizomas con raíces fibrosas
 - Ejemplo: *Typha*.
4. Familia **Graminae**
 - Tallo cilíndrico, con nudos y entrenudos, entrenudos del tallo hueco
 - Hojas de inserción distica (en dos series)
 - Vaina abierta (excepciones: *Bromus*, *Melica*, *Schizachne* y *Glyceria*)
 - Lígula normalmente presente
 - Ejemplos: *Echinochloa*, *Digitaria*, *Eleusine*, *Cynodon*.
 5. Familia **Cyperaceae** (coquito)
 - Tallo triangular, sin nudos
 - Hojas en tres series
 - Vaina cerrada, sin lígula
 - Ejemplos: *Cyperus*, *Fimbristylis*, *Scleria*, *Dichomena*.
 6. Familia **Commelinaceae**
 - Tallo cilíndrico, nudoso, carnoso o blando
 - Vaina sésil, con la base alrededor del tallo
 - Savia mucilaginosa
 - Inflorescencia protegida por brácteas diferentes. (En *Commelina*, la inflorescencia está envuelta por una vaina grande en forma de canoa)
 - Ejemplos: *Commelina*, *Zebrina*, *Tradescantia*.
 7. Familia **Juncaceae** (juncos)
 - Hojas cilíndricas, acanaladas (estriadas) o lineares y erectas
 - Tallo cilíndrico, no hueco
 - Fruto: una cápsula
 - Perigonio bracteóide
 - Ejemplo: *Juncus*.
 8. Familia **Liliaceae** (lirio)
 - Perigonio actinomorfo, petaloide
 - Seis estambres, frecuentemente atrofiados
 - Ovario súpero
 - Flores vistosas
 - Ejemplos: *Allium*, *Nothoscordum*.
 9. Familia **Maranthaceae**
 - Ovario infero, tricarpelar, trilobular
 - Hojas pecioladas y alternas, con pulvinos
 - Pecíolo protuberante en el sitio de inserción con la vaina. Ejemplos: *Thalia*, *Maranta*.

10. Familia Cannaceae

- Tallo revestido por la vaina formada por el pecíolo de las hojas
- Androceo con cuatro estaminoides petaloideos y un estambre que tiene solamente una teca fértil y otra petaloide

Ejemplo: *Canna*.

Clase Dicotyledoneae

Grupo Apétalo: Sin pétalos verdaderos.

11. Familia Urticaceae

- De hábito fresco y húmedo
- Flores de color verde, pequeñas, generalmente unisexuales, pelos urticantes en el tallo y las hojas
- Savia acuosa

Ejemplos: *Urtica*, *Boehmeria*.

12. Familia Polygonaceae (barbasco)

- Presencia de cerocina
- Nudos del tallo inchados o protuberantes
- Savia ácida y penetrante

Ejemplos: *Polygonum*, *Rumex*.

13. Familia Chenopodiaceae

- Hojas de disposición alterna, sin estípulas
- Flores muy pequeñas y de color verde
- Tallo estriado
- Planta con escamas

Ejemplos: *Chenopodium*, *Spinacia*, *Beta*.

14. Familia Amaranthaceae (Bledo)

- Flores muy pequeñas, de color verde
 - Brácteas espinosas
 - Inflorescencias condensadas
- Ejemplos: *Amaranthus*, *Alternanthera*, *Celosia*.

15. Familia Nyctaginaceae

- Pétalos verdaderos ausentes
- Cáliz en forma de embudo o tubo, con brácteas coloreadas
- Hojas acorazonadas, margen entera
- Tallo dicotómico, nudos inchados

Ejemplos: *Boerhaavia*, *Mirabilis*, *Bougainvillea*.

16. Familia Aizoaceae

- Cinco o seis hojas en cada verticilo
- Cáliz con 5 a 8 lóbulos, flores vistosas y sin estípulas
- Estambres numerosos
- Fruto: una cápsula con muchas semillas

Ejemplo: **Mollugo, Trianthema.**

Grupo Polypetalo: pétalos separados y diferentes

17. Familia **Portulacaceae** (verdolaga)
 - Hojas y tallo suculentos
 - Fruto muchas veces capsular con dehiscencia transversal
 - Cálice de dos sépalosEjemplo: **Portulaca, Talinum.**
18. Familia **Caryophyllaceae**
 - Hojas opuestas y enteras, insertadas en los nudos
 - Nudos protuberantes o hinchados
 - Cinco pétalos, con entradas o cortes
 - Cálice agrandado, con cinco sépalos
 - Diez estambres
 - Fruto seco y capsularEjemplos: **Drymaria, Sperguia.**
19. Familia **Papaveraceae**
 - Plantas con latex, savia coloreada
 - Hojas alternas recortadas, muchas veces con espinas
 - Dos sépalos, pétalos corrugados
 - En general, ovario unilocular con muchos óvulosEjemplos: **Argemone, Papaver.**
20. Familia **Capparidaceae**
 - Estambres numerosos o tetradínamos (4 grandes y 2 pequeños)
 - Cuatro pétalos en cruz
 - Fruto unilocular, en cápsula, o baya, sin el disepimento de las crucíferas
 - Muchas veces con hojas trifoliadas
 - Ginóforo largoEjemplos: **Cleome, Capparis.**
21. Familia **Cruciferae**
 - Estambres tetradínamos (4 comprimidos hacia adentro y 2 curvados hacia afuera)
 - Cuatro pétalos en cruz
 - Fruto: una silicua, dividido en dos lóculos mediante un disepimento de origen secundarioEjemplos: **Brassica, Capsella, Raphanus, Lepidium.**
22. Familia **Leguminosae**
 - Fruto: una legumbreSubfamilia I. **Mimosaceae**
 - Corola Actinomorfa
 - Estambres: cuatro a infinitos, que sobresalen de los pétalos

- Hojas bipinadas o pinadas
Ejemplos: *Mimosa*, *Acacia*, *Pithecolobium*.
- Subfamilia II. *Caesalpinaceae*
- Corola irregular con estandarte interno, ausencia de quilla
- Estambres 3 a 12, insertados en el cáliz
- En general hojas pinadas
Ejemplo: *Cassia*.
- Subfamilia III. *Papilionaceae*
- Corola con estandarte interno, alas y quilla
- Estambres 10, generalmente (9) + 1, insertados en la corola
- Hojas nunca bipinadas
Ejemplos: *Desmodium*, *Phaseolus*, *Sesbania*.
- 23. Familia *Oxalidaceae*
- Hojas enteras, ternadas o compuestas (múltiplos de 3) con o sin estípulas
- Cada folíolo tiene forma de corazón
- Pecíolos con gusto ácido (ácido oxálico)
Ejemplo: *Oxalis*.
- 24. Familia *Zygophyllaceae*
- Hojas pinadas (con un folíolo de mayor tamaño que el otro) y con estípulas
- Plantas rastreras
- Fruto: una cápsula, con 4 ó 5 lóculos
Ejemplos: *Kallstroemia* y *Tribulus*.
- 25. Familia *Euphorbiaceae* (lechecilla)
- Muchos de los miembros con tallos y hojas laticíferas
- Fruto: tricoco (en tres porciones)
- En el género *Euphorbia*, la inflorescencia está en forma de ciático (sépalos y pétalos unidos, con brácteas vistosas que dan la impresión de una flor individual. Realmente, hay una flor femenina central solitaria y cinco inflorescencias masculinas circundantes)
Ejemplos: *Euphorbia*, *Phyllanthus*, *Croton*, *Jatropha*, *Acalypha*, *Caperonia*.
- 26. Familia *Malpigiaceae*
- Generalmente árboles, arbustos o trepadoras (enredaderas) leñosas
- Cáliz con glándulas grandes en los sépalos
Ejemplo: *Mascagnia concinna* (muy tóxica).
- 27. Familia *Malvaceae* (malva)
- Flores vistosas, con cáliz y corola pentámeros

- Usualmente anuales, con savia mucilaginosa y tallos fibrosos
 - Con muchos estambres en un androceo tubular
 - El fruto muchas veces es una cápsula o un polícoco
 - Ejemplos: **Malva, Abutilón, Sida, Pavonia, Malachra.**
28. Familia **Melastomataceae**
- Hojas curvinervias, opuestas
 - Anteras falciformes (curvadas como una hoz)
 - Tallo cuadrangular
 - Ejemplo: **Clidemia.**
29. Familia **Onagraceae**
- Flores vistosas, cuatro pétalos, androceo de ocho estambres
 - Fruto capsular, de forma cilíndrica
 - Ovario con muchos óvulos
 - Ejemplos: **Jussiaea, Oenothera.**
30. Familia **Umbelliferae**
- Inflorescencia: una umbela
 - Tallos parcialmente huecos
 - Hojas compuestas o muy divididas
 - Pecíolo prominente en la base
 - Fruto: un esquizocarpo
 - Ejemplos: **Daucus, Cicuta, Pastinaca.**
- Grupo Sympetaló: pétalos unidos.
31. Familia **Apocynaceae**
- Plantas laticíferas
 - Polen trinucleado, con tetradogénesis sucesiva
 - Corola no presente o reducida
 - Tallo ramificado
 - Estambres con filamentos muy delgados
 - Fruto delgado y alargado
 - Ejemplos: **Apocynum, Tabernaemontana, Vinca.**
32. Familia **Asclepiadaceae**
- Esta familia es muy afín a la anterior
 - Plantas laticíferas
 - Polen trinucleado en tecas cerosas
 - Corola presente (excepción: **Ampelamus albidus**)
 - Flores solitarias o en cimas corimbiformes
 - Estambres sin filamentos
 - Hojas opuestas o verticiladas, sin estípulas
 - Tallo no ramificado
 - Fruto en forma de cigarro
 - Ejemplos: **Asclepias, Araujia, Ampelamus.**

33. Familia **Convolvulaceae** (batatilla)
- Trepadoras con hojas alternas, sin estípulas
 - Corola en forma de embudo
 - Flores vistosas, hermafroditas y actinomorfas
 - Cinco estambres de tamaño desigual
 - Estambres insertados en el fondo del tubo corolino
 - El fruto es una cápsula dehiscente por cuatro valvas
- Ejemplos: **Ipomoea, Convolvulus, Cuscuta** (especie parásita).
34. Familia **Boraginaceae**
- Usualmente perennes
 - Hojas con disposición helicoidal en la base del tallo formando una roseta
 - Inflorescencias agrupadas en cimas escorpiodeas
 - Ovario con cuatro lóculos, divididos por falsos disepitamentos
 - Estilo ginobásico (se origina entre los lóculos del ovario)
 - Hojas (del tallo, no de la roseta) generalmente sin pecíolos
- Ejemplos: **Heliotropium, Cynoglossum, Lappula**.
35. Familia **Verbenaceae**
- Cuatro estambres (en pares de tamaño desigual: didinamos)
 - Hojas sin olor a menta
 - Tallo tetragonal
 - Ovario con cuatro lóculos
 - Estilete terminal
 - Corola no necesariamente labiada
- Ejemplos: **Lantana, Verbena, Lippia, Stachytarpheta**.
36. Familia **Labiatae**
- Cuatro estambres, didinamos
 - Con olor característico a menta
 - Tallo tetragonal
 - Ovario con cuatro lóculos
 - Estilo ginobásico (se insiere entre los lóculos)
 - Corola siempre labiada
- Ejemplos: **Hyptis, Leonorus, Leonotis, Stachys**.
37. Familia **Solanaceae**
- Cinco estambres, anteras agrupadas alrededor del estilo
 - Hojas y tallo muchas veces con olor fuerte y característico
 - Hojas irregularmente recortadas
 - Tallo y hojas muchas veces con espinas

Ejemplos: **Solanum, Physalis, Datura.**

38. Familia Rubiaceae

- Hojas opuestas con estipulas grandes (interpeciolares)
- Ovario infero

Ejemplos: **Richardia, Borreria, Diodia.**

39. Familia Cucurbitaceae

- Trepadoras suculentas con zarcillos
- Flores imperfectas (de sexo separado), las flores masculinas maduran primero
- Ovario infero
- Hojas con disposición palmeada
- Fruto tipo pepónido

Ejemplos: **Cucumis, Momordica, Sicyos.**

40. Familia Compositae

- Inflorescencia en capítulo (flores muy pequeñas y de dos tipos: tubulares y liguladas)
- Estambres libres y anteras unidas
- Cáliz transformado en papus
- Fruto: un aquenio

Ejemplos: **Bidens, Acanthospermum, Ageratum, Molampodium, Xanthium.**

IV. Competencia y alelopatía

*Eduardo Locatelly y J. D. Doll**

Las malezas afectan directa o indirectamente el rendimiento de los cultivos y este fenómeno se conoce con el nombre de "competencia". Partiendo de la definición de una maleza como planta fuera de lugar, el principal motivo de no desear su presencia, junto con cultivos, se debe a su capacidad de reducción en la productividad de los cultivos.

En el Cuadro 4-1 se aprecia el marcado efecto que tiene la maleza en competencia, durante todo el ciclo, con varios cultivos. Algunas conclusiones saltan a la vista; en primer lugar, los cultivos tropicales (arroz, algodón, maíz y frijol) son más susceptibles a la competencia que los de clima frío (cebada, papa y trigo). A

Cuadro 4-1 El efecto de la competencia de malezas con varios cultivos y el rendimiento de cultivos tratados con herbicidas en comparación a los desyerbados manualmente ^{a)}.

Cultivo	Rango de pérdida (%)	Promedio de pérdida (%)	Aumento del herbicida sobre desyerbas ^{b)} (%)
Algodón	0 - 39	31	13
Arroz	30 - 73	54	24
Frijol	15 - 58	51	24
Maíz	10 - 84	46	21
Cebada	0 - 90	63	16
Papa	0 - 53	17	20
Trigo	0 - 90	29	17
Promedio	8 - 74	35	19

a) Promedio de 12 años de investigaciones en Colombia, realizadas por el ICA.

b) Se compararon los rendimientos del mejor tratamiento químico con la parcela desyerbada a mano.

* Especialistas en Control de Malezas, IPPC, Oregon State University y CIAT, respectivamente.

veces, el cultivo no sufre por competencia, pero en promedio se pierde más de la tercera parte del cultivo si no se controlan las malezas. Generalmente, el uso de herbicidas aumenta el rendimiento, aún más que el uso de desyerbas. Esto podría significar que siempre ocurre algo de competencia antes de realizar la desyerba y a que, seguramente, ocurre algo de daño físico al cultivo cuando éste se limpia mecánicamente.

De todos los aspectos que comprende el manejo de malezas, la competencia es uno de los más difíciles de estudiar; esto no se debe a que no haya sido estudiado lo suficiente, ya que existen cientos de publicaciones relacionadas con la competencia. Sin embargo, al compararlas para llegar a conclusiones generales, se encuentra tanta variación entre los resultados que a menudo resultan contradictorios. La principal causa de este hecho es que hay muchos factores incluidos en la competencia y esto dificulta su estudio en conjunto.

COMPETENCIA VS. ALELOPATIA

La **competencia** se puede definir como la lucha entre el cultivo y las malezas por la luz, la humedad, los nutrimentos y el CO₂ disponibles en un lugar determinado. Algunos factores intrínsecos establecen la habilidad competitiva de ciertas especies y esto permite, por ejemplo, que algunas variedades toleren la competencia mejor que otras.

Aunque se ha empleado la palabra **maleza**, en realidad, la competencia es entre "plantas" y es mucho más genérico pero, en la presente discusión, resultará más práctico usar la palabra **maleza**. Se debe tener en cuenta también, que la competencia puede ser inter y/o intraespecífica y que, en algunos casos, ambas son importantes.

La competencia entre plantas se debe a que, bajo condiciones específicas, el ambiente y el suelo son capaces de proveer cantidades limitadas de los factores esenciales para el crecimiento normal de una población determinada de plantas. Cuando las poblaciones exceden este límite, se inicia la competencia en las plantas creadas por los factores limitantes. Aquellas plantas que poseen características agresivas y que se encuentran mejor adaptadas compiten más favorablemente, dominando así las especies menos competitivas. Casi siempre se encuentran malezas competitivamente iguales a los cultivos y de este concepto se desprende el

principio de "control de malezas" que sugiere crear condiciones del ambiente y del suelo que sean favorables al cultivo y no a las malezas.

Se entiende por **alelopatía** el efecto de algunas plantas sobre el desarrollo de otras. Eso puede ser por medio de sustancias producidas por unas plantas o por compuestos producidos o liberados durante la degradación de residuos de plantas. La influencia de plantas en el desarrollo de otras, a través de la secreción de sustancias, no es nada nuevo. Por ejemplo, es bien conocido que la germinación de *Striga* (*Scrophulariaceae*) está condicionada por la previa germinación de la planta de maíz para establecer la relación entre ésta y su parásito.

También, lo contrario sucede frecuentemente, es decir, que las malezas pueden producir sustancias que estimulen o retarden el crecimiento del cultivo. En el año 1832, De Condolle ya había observado este fenómeno en relación a las plantas del género *Cirsium*. Se encontró hace tiempo también, que las raíces de *Juglans nigra* (nogal) producían 5-hidroxi-alfa-naftaquinone, lo cual inhibe el desarrollo de muchas especies. Así mismo, el abundante coquito (*Cyperus rotundus*) es otra especie ya comprobada que produce sustancias inhibitorias en el desarrollo de cultivos y otras malezas.

Es común encontrar casos en que ninguna especie crece alrededor de una planta ya establecida y por varios años, esto fue atribuido simplemente a la competencia. Ahora se reconoce que la alelopatía puede jugar un papel tan importante en este fenómeno. Sin embargo, es muy difícil separar los efectos de competencia y alelopatía, especialmente cuando se refiere a malezas perennes. Por lo tanto, se ha reemplazado el antiguo concepto de competencia con la palabra "interferencia", la cual comprende los efectos tanto de competencia como de alelopatía.

PERDIDAS CAUSADAS POR MALEZAS

Generalmente, se reconoce que las malezas en áreas agrícolas compiten directamente con los cultivos por luz, agua, nutrimentos y espacio, e indirectamente, causan pérdidas económicas al afectar los costos de producción, la calidad de los productos y por una mayor incidencia de insectos y enfermedades. A continuación, se especifican las pérdidas ocasionadas por malezas:

1. Disminución del rendimiento del cultivo
2. Disminución de la calidad de la cosecha
3. Aumento en los costos de producción
4. Depreciación de tierras
5. Mayor incidencia de enfermedades e insectos
6. Limitada escogencia de cultivos.

En el Cuadro 4-2 se presentan ejemplos de malezas hospedantes de insectos y enfermedades. Se debe mencionar que, a veces, las malezas pueden hospedar insectos benéficos en el control biológico de plagas, y por lo tanto, no siempre representan relaciones negativas con las plagas presentes.

En cuanto a la limitación de selección de cultivos se puede decir que es importante y más severa cuando la maleza tiene un ciclo de vida parecido a la de los cultivos y/o características morfológicas y fisiológicas similares. Cuando la maleza y el cultivo son semejantes, como lo son la *Avena fatua* y el trigo o la cebada de clima frío, la *Ipomoea* y la soya y algodón, y la *Rottboellia exaltata* y el sorgo en los climas cálidos, limitan la escogencia de dichos cultivos en las áreas donde se presentan. Así mismo, la presencia de *Cyperus rotundus* ha causado a algunos agricultores el abandono de cultivos de secano por los de riego en el caso de arroz, o por potreros, los cuales son más competitivos con dicha maleza.

Cuadro 4-2 Ejemplos de malezas como hospedantes de plagas y enfermedades de diferentes cultivos.

Malezas	Insectos	Enfermedades	Cultivos
1. <i>Ambrosia</i> spp. <i>Brassica</i> spp.	Trips		Cebolla
2. <i>Chenopodium</i> sp. <i>Polygonum segetum</i>	Gusano masti- cador de hojas		Papa
3. <i>Avena fatua</i>		<i>Puccinia</i> sp.	Cereales
4. <i>Chrysanthemum</i> sp.		Virus amarillo del enanismo	Papa
5. <i>Eleusine indica</i>	<i>Spodoptera</i>		Maíz

ADAPTACION DE LAS MALEZAS

Ciclo de vida parecido al cultivo

La población de malezas en una región que ha sido cultivada por algún tiempo, se caracteriza por su similitud con el cultivo, en cuanto a los ciclos de vida. Generalmente las malas hierbas germinan junto con el cultivo y maduran poco antes que éste, o al mismo tiempo. Cuando se practican sistemas como rotación de cultivos, por ejemplo, el complejo de malezas se adapta de tal manera que al sembrar el cultivo, aquella parte del complejo que posee sus características semejantes al cultivo, se desarrolla y la otra parte aparece en forma secundaria, pero, al cambiar el tipo del cultivo en la rotación, se desarrollan otras especies del complejo.

Recientemente, con el uso de herbicidas, se ha visto una reducción del complejo de plantas indeseables en los cultivos; sin embargo, frecuentemente escapan una o dos especies del control que antes eran de poca importancia y ahora se pueden tornar en el problema principal.

Desarrollo rápido de raíces y partes aéreas

Cuanto más rápido se establezca una planta, mayores ventajas tendrá para competir con otras. El desarrollo rápido de las raíces le permite una mayor capacidad de absorción de agua, nutrientes y además, de tolerar sequía prolongada. El de las partes aéreas le dará una mayor área fotosintética y la capacidad de crear sombra, lo cual detendrá el crecimiento de otras plantas. En general, las plantas con una tasa de crecimiento rápido producen follaje abundante en corto tiempo.

Plasticidad de poblaciones

Al establecer una población de malezas, el número inicial de plántulas es elevado; al llegar a la madurez, se puede observar que la población de dichas malezas se ha reducido; a este fenómeno se le llama plasticidad de la población. En otras palabras, se refiere al establecimiento de poblaciones iniciales altas, las cuales disminuyen con el tiempo, dejando un número de malezas vigorosas a un nivel óptimo para su desarrollo.

Esto sucede a nivel de la comunidad de malezas, mostrado por el hecho que se quedan las especies más indicadas para un ambiente dado. Además, ocurre a nivel de especies individuales, reflejado en que la población de cada una se adapte a las condicio-

nes ambientales y a los factores de crecimiento presentes, dejando la cantidad de malezas óptimas de cada especie.

Germinación desuniforme de las semillas de malezas

En la mayoría de los cultivos, se busca la uniformidad en germinación por la necesidad de igualar la cosecha. En cambio, el fenómeno de la germinación desuniforme en las malezas es de gran ventaja para su sobrevivencia, porque, si todas las semillas de una mala hierba germinan al tiempo, su control sería fácil pero, si germinan en forma desigual, solamente es posible un control parcial. Esta ventaja también le permite a la maleza la sucesión de varias generaciones dentro de un ciclo vital.

Producción de inhibidores

Una adaptación de gran importancia en algunas plantas es la producción de sustancias tóxicas que inhiben el crecimiento de otras y a veces, de la misma especie, presentándose sólo en una área determinada. En general, estos inhibidores actúan sobre las semillas de otras plantas impidiéndoles su germinación. Un ejemplo en Colombia, es el efecto inhibitorio del follaje de *Tagetes patula* sobre la germinación del frijol, *Amaranthus dubius*, *Euphorbia* spp. y *Eleusine indica*.

Producción numerosa de semillas y órganos reproductivos vegetativos

La cantidad de semillas producidas por las diferentes malezas varía considerablemente presentándose en algunas de ellas un número al nivel de los cientos, mientras que en otras, hasta más de 200.000 semillas por planta. En general, la mayoría de las semillas son viables aunque tienen una latencia que difiere según las especies. Algunas especies tienen una gran capacidad de producir tubérculos, rizomas o estolones, los cuales generan mucha más dificultad de controlar que las mismas semillas. El coquito, por ejemplo, puede alcanzar más de 40'000.000 tubérculos en una hectárea.

Adaptaciones a variaciones del ambiente

Generalmente, los cultivos han sido seleccionados para rendir más, bajo condiciones limitadas del ambiente. Con relación al suelo requiere un determinado pH, buen drenaje o riego, un nivel de fertilidad adecuado y una cierta temperatura dentro de ciertos límites. Aunque la maleza también requiere condiciones óptimas, éstas prosperan con un rango más amplio del medio ambiente,

de tal manera que si el óptimo de la maleza y el cultivo coinciden, la maleza será beneficiada tanto como el cultivo. Entre más se alejen las condiciones óptimas del cultivo, la maleza estará más beneficiada debido a su flexibilidad. Por ejemplo, el coquito se desarrolla bien en terrenos húmedos y drenados, pero tienen mayor agresividad en áreas mal drenadas. El barbasco (*Polygonum setatum*) es una maleza de clima frío que crece bien en terrenos fértiles y bien drenados, presentándose en mayor cantidad en los mal drenados y ácidos, por falta de competencia con otras plantas y por su flexibilidad de adaptación y crecimiento acelerado.

Adaptación a diferentes medios ambientales

Con relación al ambiente, los factores de agua, luz y espacio son críticos para el crecimiento normal de las plantas. Las malezas son bastante flexibles a variaciones de estos factores, adaptándose a los extremos de sequía o inundación, a luz limitante (sombra) y debido a la plasticidad de población, se adaptan al espacio disponible.

LAS MALEZAS COMPITEN POR:

Nutrientes

Como toda planta, la maleza también depende de fuentes de todos los nutrientes para vivir y reproducirse. Varios estudios han demostrado que, frecuentemente, las malezas acumulan mayores concentraciones de nutrientes. En estos casos, aunque la producción de materia seca pueda ser muy inferior por parte de las malezas, el consumo de los elementos esenciales puede ser mucho mayor que lo que parece.

Algunas veces, este tipo de competencia se puede eliminar o al menos reducir, al agregar mayor cantidad de nutrientes al cultivo a través de la fertilización. Por supuesto, esto puede resultar muy costoso y a veces el abono beneficiaría más a las malezas que al cultivo mismo y esto se deberá a la capacidad competitiva de ellas. Se sabe que el uso de fertilizantes incrementa la eficiencia de las plantas debido a que producen un sistema radicular mejor desarrollado permitiendo así la exploración de niveles de suelo más profundos en los cuales se encuentra más agua y nutrientes. Aparentemente, este hecho es igual para ambos: el cultivo y la maleza y, en base a esto, se puede realizar la fertilización en bandas reduciendo las posibilidades de utilización del fertilizante por las malezas y también, reducir el costo por hectárea.

Luz

La competencia por luz es tal vez una de las menos importantes, con excepción de situaciones muy especiales tal como la *Sesbania exaltata*, que puede reducir el rendimiento de arroz de riego solamente si se la deja competir por un mes debido a que crece rápidamente por encima del arroz y le da sombra. Otra especie que es capaz de competir por luz es la *Rottboellia exaltata* (caminadora) la cual parece que siempre es capaz de alcanzar la altura del cultivo y aún sobrepasarlo en 25 cm. Es decir, si la soya está a 75 cm de altura, la caminadora tendrá de 90 a 100 cm si el sorgo está a 1,20 m, la caminadora alcanzará 1,5 m y si la caña de azúcar tiene una altura de 2,0 m esta maleza estará a 2,25 m.

Generalmente, una vez que el cultivo ha formado una sombra completa, la competencia de malezas deja de ser importante. La competencia por luz se vuelve crítica, a veces en estados tempranos del desarrollo del cultivo, cuando la disponibilidad de luz determina dominancia .

Agua

La competencia por agua es una de las más importantes y muchas veces supera a la competencia por nutrientes. Durante el ciclo de cualquier cultivo, existe una cantidad determinada de agua para producir el rendimiento deseado. Si el agua se ve limitada a cualquier competencia, por parte de las malezas, se reduce este rendimiento.

Las malezas son, por lo general, verdaderas bombas absorbentes de agua y lo hacen muy eficientemente. A menudo, se encuentran cultivos marchitos por falta de agua, mientras que la maleza aparece normal. Como en el caso de los nutrientes, se pueden contrarrestar estos efectos al suministrar agua por medio de riego; si tanto la maleza como el cultivo encuentran suficiente agua para su supervivencia, la pérdida resultante de la competencia se disminuye. Es por esto que los cultivos sufren menos por la presencia de malezas en ciclos de mucha lluvia que en los ciclos de escasa agua.

EPOCAS CRITICAS DE COMPETENCIA

Para programar un control de malezas adecuado y económico, es necesario conocer el período en que las malezas ejercen la mayor competencia. Aunque esto cambia con las condiciones ambientales, la disponibilidad de los factores de crecimiento, el cultivo, su densidad y el vigor de las malezas, se ha establecido que el

tiempo crítico de competencia de las malezas y de los cultivos normalmente es entre los primeros 45 días y en muchos casos, entre los 10 y los 30 días. Se han presentado reducciones en los rendimientos en un 40 por ciento durante los primeros 45 días del cultivo y pérdida del 20 por ciento cuando la competencia se presenta en los primeros 20 a 30 días.

Como regla general se puede decir que, una vez el cultivo haya "cerrado" (formado una sombra completa sobre el suelo), la competencia deja de ser importante. Por lo tanto, cultivos como yuca y caña de azúcar presentan épocas críticas de competencia más largas que cultivos de rápido desarrollo inicial como soya, sorgo y frijol.

No obstante, pueden haber otros períodos críticos de competencia, sobre todo, cuando coinciden con los períodos de mayor requerimiento de agua y/o rápido crecimiento, como pueden ser:

- a) al final del período de establecimiento del cultivo
- b) durante el macollamiento
- c) al comienzo de la formación del fruto
- d) al principio de la maduración del cultivo (botones jóvenes en algodón y en la maduración de las espigas en cereales).

Considerando que el control manual y mecánico de las malezas no se realiza sino hasta que su población se ha establecido (15 a 30 días después de la emergencia del cultivo), es necesario hacer énfasis en la importancia de un **control oportuno**. En general, el control manual se hace cuando las malezas están lo suficientemente desarrolladas como para arrancarse o cortarse con machete o azadón. Este tipo de control es lento y requiere bastante trabajo y se hace más intenso de acuerdo a la superficie cultivada, al grado de infestación y al cultivo.

El control mecánico puede ser realizado antes que el manual puesto que se basa fundamentalmente en la remoción violenta de la tierra, rompiendo la relación íntima entre las raíces de las malezas y el suelo.

El control oportuno puede ser afectado por condiciones adversas del ambiente durante el período crítico de competencia. Así por ejemplo, las lluvias continuas pueden causar retraso de labores y pueden reducir la efectividad del control manual o mecánico al crear condiciones favorables para la recuperación de las malezas.

Seguramente, la mayor explicación del aumento de producción al emplear el control químico en vez de mecánico o manual (Cuadro 4-1) se debe a que el control manual no se realiza oportunamente. Es precisamente durante las primeras épocas de desarrollo que el herbicida da su mayor efecto y es interesante anotar que las lluvias hacen trabajar aún mejor los herbicidas preemergentes, garantizando el control de las malezas en periodos en que sería imposible utilizar medios manuales o mecánicos.

Aunque lo más dramático sea la baja en el rendimiento, es de suma importancia tener en cuenta las pérdidas en calidad del producto y los efectos en la cosechabilidad que malezas, como la hatatilla (*Ipomoea* spp.), pueden ocasionar. A pesar de que se las puede controlar inicialmente y evitar reducciones en el rendimiento, ésta es capaz de germinar más tarde y reinfestar el cultivo y en el momento de la cosecha, la materia verde que contiene aumenta el costo a la recolección de los productos, además las semillas reducen la calidad del producto. Las malezas que producen cadillos (como *Cenchrus* spp. y *Xanthium* spp.), frecuentemente, dañan la calidad de la cosecha del algodón.

En resumen, la competencia que ejercen las malezas en los cultivos es compleja y varía con el ambiente el cultivo y el complejo de malezas. Conociendo las interacciones de estos factores se puede establecer un programa bien orientado y económico para el control de las plantas indeseables.

V. Equipo de aspersión

*Juan Cárdenas**
*Jerry Doll***

El uso de productos químicos en el control de malezas es un concepto nuevo relativo al control químico de insectos y enfermedades. Los herbicidas difieren de los insecticidas y fungicidas en que se deben aplicar más uniformemente.

Una vez que se ha decidido usar herbicidas, es necesario saber los principios de aplicación y cuál tipo de aspersora se debe utilizar. Existen varios tipos de aspersoras, cada uno tiene sus ventajas y sus desventajas y se debe saber cuál aspersora es mejor según su finca y cultivos.

Por aspersión de herbicidas se entiende la distribución uniforme del producto sobre un área determinada, operación que se realiza por medio de una aspersora. Para la obtención de una aspersión uniforme, se requiere:

1. Equipo de aspersión en buen estado
2. Calibración correcta
3. Operario con experiencia
4. Terreno bien preparado
5. Condiciones ambientales favorables
6. Conocer el producto a usarse, antes de aplicarlo.

La cantidad de líquido a usarse varía si la aspersión se aplica al suelo en preemergencia, o sobre el follaje en postemergencia. Sin embargo, dentro de ciertos límites, la cantidad de agua aplicada por unidad de superficie no es de importancia crítica. Lo más importante es obtener una aspersión uniforme.

Aplicación de herbicidas

La mayoría de herbicidas se aplican como líquidos, ya sea polvos mojables (PM) en suspensión, sales en solución o concentrados emulsionables (CE). Además, algunos herbicidas son formulados en gránulos, los cuales se aplican en seco. Cualquiera que sea el método de aplicación, es imprescindible una calibración exacta del equipo aspersor.

* IPPC, Oregon State University AID, Bogotá, Colombia

** Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia.

La aplicación de herbicidas puede ser por vía terrestre o aérea de acuerdo con las necesidades y conveniencias del caso. A continuación se enumeran las ventajas y desventajas de aplicaciones terrestres y aéreas:

Aplicaciones terrestres

Ventajas

1. Favorable en áreas no accesibles a la aplicación aérea.
2. Favorece el uso del herbicida que requiere incorporación inmediata con el suelo.
3. Cuando el follaje es denso y se requiere cobertura total, es más efectiva la aplicación terrestre que la aérea especialmente, con herbicidas de contacto.
4. Facilita las aplicaciones en bandas.
5. Permite aplicaciones localizadas y dirigidas.
6. Presenta menos riesgo de perjuicio a cultivos cercanos o contaminación de fuentes de agua.
7. La aplicación terrestre es menos afectada por viento o corrientes convencionales de aire cálido.
8. No hay limitaciones de herbicidas o mezclas debido a dosis altas y/o baja solubilidad.

Desventajas

1. Requiere más tiempo en la aplicación.
2. Son susceptibles a condiciones adversas del ambiente, tal como humedad excesiva después de lluvias.
3. Necesitan ser aplicadas por operarios con buena experiencia.
4. En algunos cultivos extensos, como arroz bajo riego, la aplicación terrestre es limitada.
5. Requiere grandes cantidades de agua (150 a 400 litros por hectárea).
6. Pueden causar daños mecánicos al cultivo durante aplicaciones en postemergencia.
7. Aplicaciones con tractor causan compactación del suelo.

Aplicaciones aéreas

Ventajas

1. Facilitan la aplicación de áreas extensas en poco tiempo.
2. Son preferibles en áreas accidentadas o con vegetación densa, en donde la aplicación terrestre se dificulta.
3. Requieren bajos volúmenes de agua (80 l/ha o menos).
4. Permite hacer aplicaciones oportunas ya que las condiciones del suelo no son tan críticas como las requeridas para aplicaciones terrestres.

5. No causan daños mecánicos al cultivo.

Desventajas

1. Los volúmenes excesivos de agua por hectárea pueden limitar su uso debido al costo de aplicación. Por otra parte, el volumen de agua a usarse para herbicidas o mezclas de ellos está determinado por dosis altas y/o baja solubilidad.
2. El volumen de agua requerido con herbicidas de contacto puede impedir su uso práctico por ser antieconómico.
3. No se adapta a la aplicación de herbicidas que requieren incorporación inmediata.
4. El área de aplicación debe estar libre de obstáculos, como cables de electricidad, árboles, postes de luz, casas o poblados.
5. Presentan mayor peligro a cultivos susceptibles cercanos.
6. Las aplicaciones aéreas son totales y no pueden ser localizadas.
7. Debido a la velocidad de aspersión y el volumen bajo de agua empleado, los errores de calibración se amplifican.
8. La aplicación requiere "bandereo" (señalización de los campos que requieren aplicación).

Como se puede apreciar, ambos sistemas tienen ventajas y desventajas, siendo necesario determinar cuidadosamente la aplicación que mejor se adapta a las diferentes situaciones, teniendo siempre en cuenta tres aspectos principales: economía, efectividad y seguridad.

La cantidad de agua a usar, por unidad de superficie, varía de acuerdo al método de aplicación (terrestre o aéreo) y a la solubilidad del producto o productos. En algunos casos, ajustando la velocidad de aplicación, el tamaño de la boquilla y la presión, se puede aplicar un volumen de 10 litros/ha, obteniéndose así una distribución de 15 gotas/10 cm². Estas gotas son de suficiente tamaño como para no presentar serio peligro de acarreo por el viento. En general, las aplicaciones de menos de 30 litros/ha se considerarán de bajo volumen y de alto volumen aquellas en que se utilizan 30 litros/ha.

En general, se recomiendan de 150 a 300 litros/ha para aplicaciones terrestres preemergentes o postemergentes dirigidas al suelo y de 250 a 400 litros/ha para las terrestres postemergentes al follaje, empleando el alto volumen con productos de contacto y cuando se presenta follaje denso.

En cuanto a las aplicaciones aéreas se debe seguir la recomendación de la casa distribuidora. Un volumen inferior al recomen-

dado no proporciona una cobertura uniforme, mientras que un volumen superior exige llenar el tanque más frecuentemente. Una cantidad excesiva de agua se traduce en control deficiente, puesto que una vez humedecido el follaje, el exceso de líquido cae al suelo en donde no ejerce su acción.

Tipos y componentes de aspersoras terrestres

Para que cualquier implemento de aplicación funcione y sea considerado como aspersora, debe llenar los siguientes requisitos:

1. La descarga del material debe ser uniforme y de fácil control.
2. El herbicida debe quedar uniformemente distribuidos sobre la superficie tratada.
3. La calibración debe ser tan fácil que permita la aplicación de dosis determinadas, bajo diferentes condiciones.
4. Su manejo debe ser sencillo, con facilidad para cargar y que permita un adecuado mantenimiento.

Todo tipo de aspersora tiene los siguientes componentes: **Tanque, fuente de presión y sistema de descarga.**

A continuación, se discutirán los distintos tipos de aspersoras, sus componentes, ventajas y desventajas.

Aspersoras de espalda o mochila

Existen diversos tipos de aspersoras de espalda, las cuales difieren principalmente en su capacidad de mantener una presión constante. En las de presión permanente, la presión disminuye a medida que se realiza la aplicación a menos de que tengan regulador. Las de palanca contienen adaptaciones, de tal manera que el operario mantiene la presión bombeando constantemente al hacer la aplicación. Este tipo de bombas tiene funcionamiento por intermedio de una cámara de aire que permite mantener una presión constante de 10 a 30 libras, la cual alimenta el resto del tanque sin ser afectado por la cantidad del líquido que queda en el tanque.

En general, las aspersoras de espalda de presión permanente tienen una capacidad de 5 a 20 litros; operan a una presión de 40 a 60 libras y deben ser llenadas a 3/4 de su capacidad para permitir suficiente presión en el tanque. Es importante, al terminar la aplicación, abrir cuidadosamente el tanque de la bomba pues es factible que todavía permanezca líquido bajo presión. Las aplicaciones hechas con este tipo de bomba, generalmente, se realizan a una velocidad de 2 a 4 kph de acuerdo al operario, topografía, tipo de aspersión y tamaño de la aspersora.

La uniformidad de la aspersión con bombas de espalda depende del:

1. Operario
2. Tipo de boquillas
3. Topografía y condiciones del terreno
4. Presión.

Ventajas

1. Sencillez y facilidad de operación
2. Bajo costo
3. Mantenimiento sencillo
4. Eficientes para aplicaciones localizadas
5. Pueden ser usadas en lugares no accesibles a maquinaria agrícola
6. Fáciles de transportar
7. Peligro mínimo de arrastre del líquido herbicida a cultivos vecinos susceptibles.

Desventajas

1. Se dificulta el mantenimiento constante de la presión y requieren bombeo seguido.
2. La calibración y la uniformidad de aplicación es más difícil debido a que influyen condiciones del ambiente y la topografía sobre el estado físico y del empeño del operario en efectuar bien su labor.
3. No poseen sistemas de agitación
4. Su uso es lento y limitado a áreas pequeñas
5. Generalmente, se requieren altos volúmenes de agua, para asegurar una distribución uniforme
6. Cansan al operario, sobre todo si se utilizan bombas grandes
7. Hay más contacto directo entre el operario y el plaguicida, lo cual puede acarrear inconvenientes.

Las aspersoras de espalda deben tener los siguientes componentes para asegurar su uso correcto:

1. Filtro de tanque
2. Bomba o cámara de aire o de presión
3. Tanque
4. Regulador de presión
5. Llave de paso
6. Tubo o lanza de aspersión
7. Filtros y boquillas.

Igualmente, se debe tener en cuenta el tamaño óptimo de la aspersora, de acuerdo al operario, el nivel del terreno, la clase de aspersión, el área sembrada, la uniformidad deseada, etc. Realmente, no se justifica comprar bombas grandes si el operario se va a cansar en corto tiempo o si la topografía dificulta su operación. También, es de importancia que, al usar productos tóxicos, se proteja al operario y se limite el tiempo de aspersión por operario.

El regulador de la presión debe ser capaz de proveer una presión entre 20 y 60 libras (1,4 a 4,2 kilogramos). La manguera de descarga debe ser flexible y de suficiente longitud para que el operario pueda agilizarse la operación. La lanza de aspersión no debe ser pesada pero sí fuerte. La llave de paso debe ser efectiva, de fácil operación y que permita controlar el goteo en la aspersión.

Las boquillas deben tener filtros para evitar que se obstruya el orificio de las mismas. Para aplicaciones de polvos mojables se recomienda que el filtro sea de 50 mallas por pulgada. Cuando las boquillas tengan un orificio muy pequeño o cuando se aplica herbicidas líquidos se recomiendan filtros de 100 mallas.

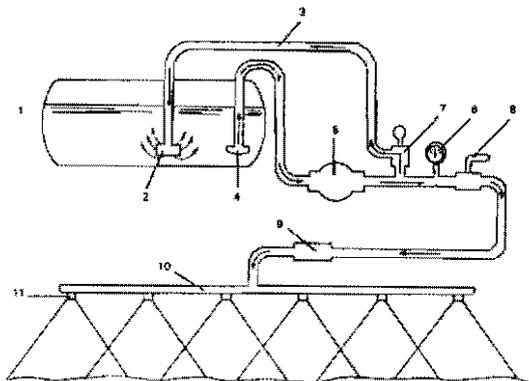
Las aspersoras de espalda son de gran utilidad y en fincas en las cuales se usan exclusivamente, constituyen un buen complemento de otros tipos de equipo.

Aspersoras de tractor

Las aspersoras de tractor pueden ser de dos tipos: montadas en el tractor o arrastradas por dicho implemento.

El límite del volumen de agua, para aspersoras montadas, generalmente es de 400 litros, mientras que para las de arrastre, puede ser de mayor capacidad. Ambos tipos de aspersoras tienen los mismos componentes.

El tractor empleado para la aspersión debe estar en buenas condiciones de funcionamiento. Debe mantener una velocidad adecuada y uniforme, entre 4 y 10 kph de acuerdo con las condiciones del terreno, al volumen de agua requerida por hectárea y al cultivo. Es preferible que tenga velocímetro, pero, si esto no es posible, se debe marcar bien la velocidad en el acelerador. En terrenos húmedos o muy pendientes, en donde las ruedas del tractor pierden tracción, este método no es adecuado y se requiere un velocímetro.



- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. Tanque | 6. Manómetro |
| 2. Sistema de agitación | 7. Regulador de presión |
| 3. Conducto de retorno | 8. Llave de paso |
| 4. Filtro de succión | 9. Filtro de tubería |
| 5. Bomba | 10. Aguilón o barra de aspersión |
| | 11. Boquillas con filtros. |

Figura 5-1. Componentes de la aspersora de tractor.

Velocidades menores de 4 kph resultan en un rendimiento bajo de aspersión, mientras que aspersiones hechas a velocidades mayores de 10 kph resultan en aplicaciones desuniformes y en un mayor desgaste del equipo.

Cuadro 5-1 Para calibraciones sin velocímetro utilícese la siguiente relación Velocidad-Distancia x Tiempo.

Tiempo (segundos)	Distancia recorrida en metros				
	25	50	100	200	1.000
	Velocidad en kph				
5	12	24	48	96	480
15	6	12	24	48	240
30	3	6	12	24	120
60	1,5	3	6	12	60
120	0,75	1,5	3	6	30

Tanque

El tanque de la aspersora debe ser construido con material no corrosible, como acero inoxidable, vidrio reforzado, plástico o fibra de vidrio. No es recomendable el uso de tanques de madera debido a que absorben los herbicidas y son difíciles de limpiar. Por otra parte, los tanques de aluminio son satisfactorios para muchos tipos de materiales, pero no para productos corrosivos.

El tanque debe tener dos orificios: uno superior, el cual debe ser grande y adecuado para poder llenarlo sin dificultad y otro, en el fondo, para las funciones de drenaje.

El tamaño del tanque depende de los siguientes factores:

1. Capacidad del tractor
2. Tipo de montaje
3. Área de aspersión
4. Tamaño del aguilón
5. Longitud del campo
6. Volumen de aplicación por hectárea
7. Condiciones del terreno.

A mayor tamaño del tanque, se requieren llantas más grandes, mejores condiciones del suelo, sistema de agitación adecuado y con la desventaja de que puede ocasionar mayor compactación del suelo.

Agitación

Respecto a la agitación, debe ser un sistema adecuado y funcional, puesto que una mala agitación produce "zonas muertas" en las cuales se puede presentar sedimentación del producto. Por el contrario, demasiada agitación (Ej. muy rápida o violenta) origina espuma excesiva debido a que tiende a incorporar aire en la solución. Si esto se convierte en un problema serio, se puede hacer lo siguiente: verifique por separado la compatibilidad del plagicida con el espumante (kerosene) y si resulta positivo, agregue medio litro de kerosene por cada 400 litros de solución. Si la cantidad de espuma se debe a exceso de surfactante éste será neutralizado al tener que emulsificar al kerosene.

Existen dos tipos de agitación: mecánica e hidráulica. La más aconsejable, es la agitación mecánica ya que mezcla mejor y en particular, es más efectiva para emulsiones con un alto porcentaje de aceites y para polvos mojables.

Hay dos métodos de agitación mecánica: por paletas y por hélice. La agitación más común es la que se obtiene con paletas, las cuales tienen una extensión aproximada a la mitad de la longitud del tanque. Dichas paletas, adheridas a un eje horizontal, giran con éste. En cuanto a la agitación por hélice, ésta se coloca en el extremo inferior del tanque y allí realiza su movimiento de rotación.

Otro tipo de agitación bastante común es el hidráulico. Este sistema consiste en hacer circular nuevamente el líquido antes de llegar al regulador de presión y después de pasar por la bomba. Esta nueva circulación se hace a través de la manguera de retorno, la cual debe llegar hasta el fondo del tanque y proveer así una buena agitación, sin formación de espuma. Este tipo de agitación requiere más energía y es importante la forma como está colocada la manguera de retorno, para obtener una buena agitación. Existen agitadores especiales para colocar al final del tubo de retorno, los cuales producen chorros de solución con presión que son más efectivos para mantener la suspensión que un chorro de poca presión.

Mangueras

Existen dos tipos de mangueras: de succión y de retorno. Las de succión conducen el líquido del tanque al aguilón, pasando por la bomba, mientras que las de retorno sirven para conducir el exceso de líquido que conducen las mangueras de succión nuevamente al tanque. De esta manera, alivian el exceso de presión y crean agitación hidráulica.

Generalmente, el material de las mangueras es de caucho o plástico y debe ser flexible y resistente a diferentes presiones y a la corrosión. Si se usan solventes orgánicos, se debe procurar que el contacto sea mínimo o poco prolongado.

Filtros

Estos dispositivos sirven para remover impurezas que puedan causar desgaste excesivo a la bomba y obstruir las boquillas.

En general, las aspersoras deben tener cuatro filtros:

1. **Filtro de tanque:** filtra el agua al llenarse el tanque
2. **Filtro de manguera de succión:** filtra el agua entre el tanque y la bomba
3. **Filtro de aguilón:** filtra el agua entre la bomba y el aguilón
4. **Filtro de la boquilla:** protege el orificio de la boquilla

Cuanto más pequeño sea el orificio, más pequeña debe ser la malla del filtro. En general, se usan filtros de 50 mallas y para las boquillas de orificios pequeños, filtros de 100 mallas. Cuando se trata de emulsiones y soluciones, se pueden usar filtros de 50 ó 100 mallas pero, para polvos mojables, se debe usar filtros de 50 mallas. Se debe procurar que todas las boquillas del aguilón tengan el mismo tipo y tamaño del filtro.

Puesto que los filtros protegen la aspersora, también exigen cuidado y limpieza oportunos. Uselos y límpielos debidamente.

Bomba

La bomba es el componente que crea la presión utilizada en la aspersión. Existen dos clases de bombas: de desplazamiento positivo (Ej. bombas de rodillo) y de desplazamiento negativo o de succión (Ej. bombas centrífugas). En general, las bombas de desplazamiento positivo pueden ser accionadas por medio del tomafuerza del tractor, mientras que las de desplazamiento negativo o de succión requieren propulsión por un motor independiente.

Las bombas centrífugas crean presión debido a la alta velocidad desarrollada por el líquido que está sometido a la fuerza centrífuga. Este tipo de bomba tiene la ventaja de ser barato y resistente a materiales abrasivos; además, debido a su capacidad de flujo, provee suficiente fuerza para agitación hidráulica. Entre sus desventajas se anotan las de requerir un motor (no opera con el tomafuerza) y altas velocidades. Este tipo de bomba debe instalarse en un nivel inferior al del tanque, para que el líquido llegue a ella por gravedad.

Las bombas de desplazamiento positivo (de engranajes, rodillos, pistón o diafragma) pueden ser adaptadas al tomafuerza del tractor. Cada tipo de bomba tiene su uso particular y al comprar la aspersora se debe considerar una serie de factores tales como el tipo de aspersión, el volumen de aspersión, el tamaño del aguilón, la presión deseada, el costo, el mantenimiento, etc. En el Cuadro 5-2 se presentan algunas características de las diferentes bombas.

Cuando el sistema de agitación es hidráulico, la bomba debe producir una descarga mayor a la requerida para la aspersión. En general, se requiere una descarga de 4 a 12 litros por minuto para obtener una buena agitación. De esta manera, si se requiere

Cuadro 5-2. Características de las bombas.

Tipo de bomba	Litros/minuto	Rango de presión (lb./pulg ²)	Ventajas	Limitaciones
pistón	10-40	0-1000	Sirve para todas formulaciones, genera presiones altas, resistente al desgaste; fácil de reparar.	Costosa, pesada
engranaje	10-250	5-200	Bajo costo, produce presiones medias.	Volumen bajo; vida corta; no satisfactoria para polvos mojables.
rodillos	20-200	5-150	Durable, volumen medio y presión; fácil de reparar.	Presión se baja con uso de polvos mojables
centrifuga	10-375	5-55	Sirve para todas formulaciones; no se gasta con productos abrasivos; volumen alto	Necesita motor; presiones bajas.
diafragma	10-40	5-100	No se desgasta con productos abrasivos; fácil de reparar, presiones medias.	Volumen bajo; diafragma de caucho no resiste aceites de uso agrícola.

una descarga de 200 litros por hectárea con un aguilón de 8 metros, con cobertura sencilla y que viaja a una velocidad de 5 kph (cubre 4 ha/hora), la capacidad de descarga deberá ser de 800 litros/hora o 13 litros/minuto. A esto hay necesidad de agregarle de 4 a 12 litros para la agitación, obteniéndose así una capacidad final de la bomba para descargar de 17 a 25 litros/min. Al obtener la bomba se debe preferir una que descargue un poco más de lo deseado y as obtener:

1. Suficiente presión que asegure la uniformidad deseada
2. Agitación hidráulica adecuada
3. Compensación del bajo poder de la bomba ocasionado por el desgaste del uso.

Manómetro

Es un implemento que indica la presión y es imprescindible para ajustar la presión en forma exacta. Debe estar localizado entre el regulador de presión y el aguilón, lo más cercano posible a éste y que pueda ser visto fácilmente por el operario. Se debe mantener siempre en buen estado de limpieza y de mantenimiento.

Regulador de presión

Con este instrumento, se puede ajustar la presión a niveles constantes y uniformes. Los equipos para aspersiones con baja presión son menos costosos, reducen el desgaste y el acarreo por el viento y brindan la posibilidad de usar boquillas con orificio más grande y/o un mayor número de boquillas.

Respecto a la aspersión, el tamaño de la gota está influenciado por la presión, el tamaño del orificio de la boquilla, la orientación de las boquillas, las propiedades de la solución y las condiciones ambientales. Cuanto más alta sea la presión, las gotas de mayor tamaño serán de menor diámetro.

En general, con boquillas tipo Tee-jet de abanico, se recomiendan presiones entre 20 y 40 libras por pulgada cuadrada; presiones mayores o menores a estos límites pueden afectar el patrón del abanico. Las del tipo "TK" (Flood-jet) funcionan con presiones entre 10 y 20 lbs/pulg².

Llave de paso

Esta llave regula la dirección del flujo, y la iniciación y terminación de la aspersión. Durante la aspersión, permite el flujo del tanque hacia las boquillas y durante la succión (al término de la presión) permite el flujo del aguilón al tanque. Igualmente, evita el goteo al terminar la aspersión. Cuando el conjunto del aguilón está compuesto de varios aguilones en secciones es importante que la llave de paso pueda controlar las diferentes secciones individualmente. Varios modelos de llaves de paso tienen una sección para hacer las conexiones necesarias que facilitan realizar aplicaciones localizadas.

Aguilón o barra de aspersión

Es la unidad que porta las boquillas y debe ser fuerte y su altura fácil de ajustar para obtener la cobertura deseada adaptándola al cultivo y a las malezas. El tamaño del aguilón depende del área de aspersión, topografía del terreno, tiempo disponible y clase de cultivo. Se recomienda que la longitud no exceda de 18 metros y que sea seccionado, con manejo independiente en la llave de paso y en un extremo, un tapón que facilite su drenaje o descarga del líquido después de utilizado el aparato.

Es de suma importancia que el aguilón se coloque a la altura recomendada, puesto que si es mayor la cantidad de líquido que

se deba aplicar con la aspersión, éste será más susceptible al acarreo por el viento y a alcanzar una sobredosis, y si la cantidad es menor pueden quedar "conejos" (franjas sin aplicación del producto) debido a obstáculos del terreno.

La altura del aguilón depende de:

1. Cobertura deseada (sencilla o doble).
2. Distancia entre boquillas.

Si se desea cobertura doble con un tipo de boquilla que está produciendo cobertura sencilla a una altura x , el aguilón se debe elevar a una altura de $2x$. Si, con las mismas boquillas y el mismo aguilón, se puede duplicar el número de boquillas, la cobertura doble se obtiene sin cambiar la altura del aguilón.

En caso de que no sea posible ajustar la altura, se pueden cambiar las boquillas por otras de diferentes ángulos. Por ejemplo, las siguientes boquillas, esparcidas a 50 cm en el aguilón, deben estar a las siguientes alturas para dar cobertura sencilla:

Ángulo de aspersión	Altura del aguilón (cm)
65	53 a 58
73	51 a 56
80	43 a 48

La regla general para cambiar la cobertura de sencilla a doble, sin variar la altura, es cambiar el ángulo por uno que sea 1,5 veces más amplio; por ejemplo, si se tiene un ángulo de 80 grados y se desea obtener una cobertura doble, a la misma altura del aguilón, se debe usar una boquilla con un ángulo de 120 grados. Para evitar la aplicación de sobredosis se debe tener cuidado con las coberturas dobles al momento de la calibración. Las coberturas dobles cubren mejor el terreno y son ideales para aplicaciones de herbicidas al follaje y en particular, los de contacto.

Boquillas

Las boquillas son de gran importancia ya que constituyen el último componente que controla la aspersión. Su función consiste en convertir el chorro de líquido a gotas de aspersión y distribuir éstas en el campo bajo un patrón de aspersión determinado.

Existen diversos tipos de boquellas y las más comunes son: de cono sólido, de cono hueco, de abanico plano, de abanico uniforme

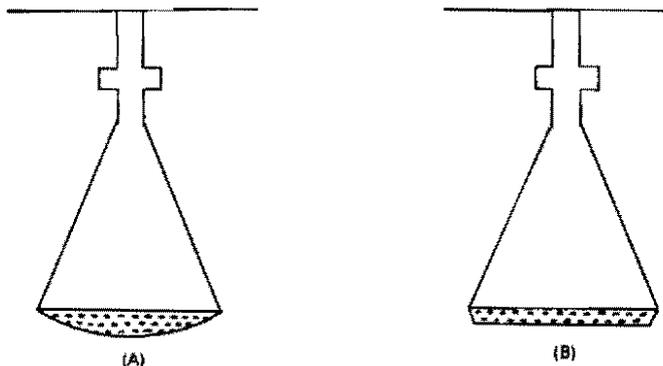
(evenspray) y otros para usos especiales (Cuadro 5-3). Para la aplicación de herbicidas se usan boquillas de abanico, debido a que proporcionan una cobertura más uniforme y más fuerza de descarga del líquido que las de cono. Las boquillas de cono son mejores que las de abanico para la aplicación de herbicidas cuando el volumen por hectárea de líquido es menor de 30 litros.

Cuadro 5-3 Tipos y características de algunas boquillas.

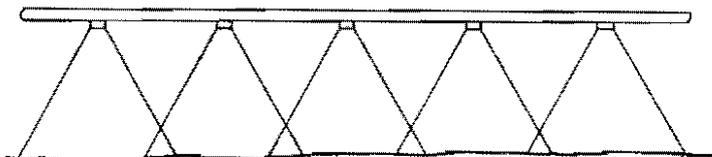
Tipo	Número de boquillas "Tee-jet"	Uso	Presión recomendada (lb/pulg ²)	Tipo del patrón de aspersión
Abanico	8003	Preemergencia y postemergencia para herbicidas; control de arbustos.	20-40	Gotas de tamaño medio; los abanicos se deben cruzar un poco.
Aplicación uniforme	8002-E	Aplicaciones en bandas.	15-40	Volumen uniforme sobre todo el abanico; no se necesita una superposición con otra boquilla.
Conos llenos y huecos	TXI y D2-23	Insecticidas y fungicidas.	60	Abanico circular; gotas finas y numerosas.
"Flood-jet"	TK-2	Preemergencia y postemergencia.	10-20	Gotas grandes; ángulo de aspersión anejo; boquilla cerca del suelo.
Aspersión lateral (off center)	OC-6	Para rociar en cercas, taludes y "bermas".	30-60	De amplia aspersión lateral.

Al seleccionar las boquillas para su aspersora seleccione aquellas que descarguen un volumen de líquido adecuado por hectárea y a una presión adecuada, para evitar el desgaste innecesario del equipo. Recuerde que la descarga de agua también puede ser controlada regulando la distancia entre boquillas en el aguilón, la velocidad de aplicación y la presión.

Las boquillas de abanico difieren entre sí por el ángulo de aspersión y la capacidad de descarga o tamaño de orificio. A continuación, se presentan varios ejemplos de descarga de boquillas: Dos tipos de boquillas son: (A) las de abanico plano y (B) las de aplicación uniforme.

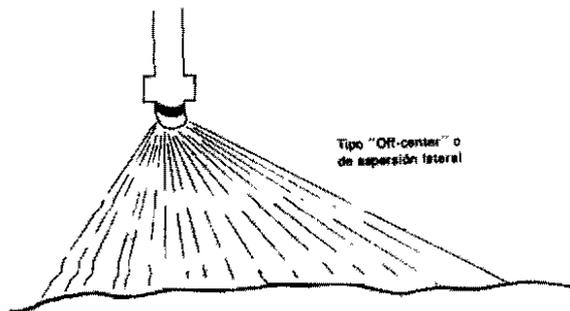


La aspersión de las boquillas de abanico plano debe estar superpuesta, pero no las del tipo TK (Flood-jet).



Las boquillas de aplicación uniforme producen una distribución del volumen más uniforme, a través del ancho complejo del abanico. Este tipo de boquilla es especial para aplicaciones en bandas en las cuales no es necesario una sobreposición uniforme, mediante el uso de otra boquilla.

Las boquillas especiales son boquillas de ángulos irregulares, las cuales permiten aplicaciones en cercas, taludes y "bermas".



Las boquillas más comunes, como las "Tee-jet", tienen números que designan su ángulo de aspersión y capacidad de descarga. Por ejemplo, boquillas 8002-E indican que el ángulo de aspersión es de 80 grados y que la descarga de boquilla a 40 lb/pulg² de presión es de 0,2 galones por minuto. La letra "E" indica abanico uniforme (E:even). Así mismo, una boquilla TK-5 corresponde a una descarga de 0,5 gal/min pero no a 40 lb presión sino a 10 lb/pulg².

El tamaño de gota de la aspersión puede ser controlado de diferentes maneras:

1. Cambiando el tamaño de los orificios
2. Ajustando la presión.

Para cambiar el tamaño de la gota, es preferible cambiar el tamaño del orificio que la presión, puesto que para reducir el tamaño de la gota en un 50 por ciento se necesita reducir la presión cuatro veces.

Siempre se debe iniciar la temporada de aspersión con boquillas nuevas y cambiarlas después de que cada boquilla haya rociado 200 hectáreas. Las boquillas pueden ser de acero inoxidable, aleación cobre estaño (brass), de nylon, o de aluminio. Las más comunes son de aleación cobre estaño.

Cuando se emplean polvos mojables, el flujo de este tipo de boquillas pueden aumentar en un 20 por ciento a 48 horas de uso; lo más importante es que el patrón de aspersión puede cambiar sin criterio de uniformidad.

En conclusión, conociendo bien todos los componentes de su aspersora se facilitará su uso, calibración y mantenimiento, obteniendo así mayores ventajas de su equipo.

Mantenimiento de aspersoras

Antes de usar la aspersora, ésta se debe lavar cuidadosamente para desalojar polvo o basura que se haya acumulado en el tanque, las mangueras, el aguilón y las boquillas. Lave todas las boquillas y filtros, primero con una solución con detergente y luego, con kerosene, usando un cepillo de dientes.

Después de usar la aspersora lávela bien para eliminar los residuos que puedan deteriorada por su acción corrosiva; o toxicidad a otros cultivos.

Para lavar las aspersoras que han aplicado herbicidas de formulación, polvo mojable o líquidos no hormonales, llene el tanque de la aspersora con agua y agregue detergente al 0,5 por ciento. Después, circule la solución por todos los componentes de la aspersora, tanque, mangueras, boquillas, etc., y luego de descargar la solución de la aspersora, llénela con agua y sin dejar salir la solución hágala circular manteniendo la agitación durante 15 minutos. Luego, enjuague la aspersora con agua.

Para el lavado de aspersoras en las cuales se han utilizado herbicidas hormonales (2,4-D; 2,4,5-T) llene el tanque con agua y agregue amoníaco, acetona o alcohol etílico, en la proporción de una parte de solvente por 50 partes de agua. Termine de llenar el tanque y haga circular la solución por la manguera de retorno permitiendo salir un poco de líquido por las boquillas. Luego, apague el motor y deje que la solución permanezca en el sistema durante la noche; al día siguiente, haga circular toda la solución por las boquillas. Luego, llene el tanque con agua haciéndola pasar por el aguilón sin boquilla ni filtros. Esta última operación se debe hacer dos o tres veces consecutivas.

Almacenamiento de aspersoras

1. Lave la aspersora por dentro y por fuera con detergente y con un poco de aceite fino.
2. Desconecte las mangueras y guárdelas en un lugar limpio y fresco (ventilado). No las doble.
3. Asegúrese de que no quede líquido en el tanque, las mangueras, la bomba, los filtros o el aguilón.
4. Desarme las boquillas, límpielas y guárdelas.

VI. Calibración de aspersoras terrestres

*Jerry Doll**

*Juan Cárdenas***

*Carlos Romero, Darío Vargas****

Introducción

Un control químico efectivo de malezas depende de la aplicación de una cantidad exacta de herbicida por unidad de superficie. La aplicación de dosis bajas del herbicida resultan en un control de malezas deficiente; se pierde la inversión y parte del rendimiento debido a la competencia de las malezas o se incrementa el costo de producción al ser necesario hacer un segundo control. Una dosis excesiva, superior a la recomendada, causa daños severos al cultivo, ocasiona pérdidas económicas por los altos precios de los herbicidas al no obtenerse mayores beneficios de control, aumenta la posibilidad de acumulación de residuos tóxicos hacia otros cultivos de rotación y, en algunos casos —como en los de productos hormonales (2,4-D)— la efectividad del herbicida se puede ver reducida al causar la muerte inmediata de los tejidos con los cuales entra en contacto y así, evitar su translocación o movimiento hacia las raíces u otros órganos de la planta.

El refrán popular “si un poco es bueno, un poco más será mejor” no es aplicable en cuanto al uso de los herbicidas y por lo tanto, es importante recordar que para el problema específico de las malezas en su cultivo se debe usar el herbicida apropiado en la dosis correcta y en la forma más adecuada.

Más del 80 por ciento de las fallas en la efectividad de los herbicidas se debe a una aplicación deficiente del producto. Para evitar fallas de los herbicidas, por una aplicación deficiente, siga las recomendaciones sobre calibración de aspersoras mencionadas a continuación.

* Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia.

** IPPC, Oregon State University /AID, Bogotá, Colombia.

*** Especialistas en Control de Malezas del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

Calibración de aspersoras

La calibración correcta de las aspersoras es de vital importancia para evitar problemas de control deficiente o daño al cultivo. Por calibración se entiende el ajuste correcto del equipo de aspersión para regular la descarga del herbicida a un nivel constante, uniforme y a un volumen deseado.

Para regular la descarga de una aspersora, se pueden modificar:

La velocidad de aspersión

La descarga por unidad de superficie es proporcionalmente inversa a la velocidad a que se realiza la aspersión (Cuadro 6-1).

El número de boquillas y la distancia entre éstas

Un aguilón con boquillas espaciadas a 50 centímetros puede tener una descarga de 250 litros/hectárea, mientras que el mismo aguilón con boquillas del mismo tamaño espaciadas a 25 centímetros, tendrá una descarga de 500 litros/hectárea cuando la presión y velocidad son constantes.

El tamaño del orificio de la boquilla

Cuando se desea hacer un cambio grande en la descarga, se deben cambiar las boquillas al tamaño indicado (Cuadro 6-2).

La presión de aspersión

Aunque la descarga no es directamente proporcional a la presión (Cuadro 6-2), al aumentar la presión se aumenta la descarga. Cuando se requieren cambios relativamente menores en la descarga, será suficiente cambiar la presión.

Para cambios grandes, es más fácil ajustar la descarga cam-

Cuadro 6-1 Relación entre velocidad de aspersión y descarga (a una presión constante).

kph	Litros/ha
2	800
4	400
8	200

Cuadro 6-2 Relación entre tamaño de la boquilla, la presión y la descarga en litros por minuto.

No. de boquilla (Tee-jet)	lb/pulg ²		Cambio debido a:	
	20	40	presión (%)	tamaño de boquilla (%)
8001	0,265	0,380	43	—
8002	0,530	0,760	43	100
8004	1,060	1,520	43	100

biando el tamaño de las boquillas o la velocidad de aspersión que la presión.

Para calibrar aspersoras terrestres se deben observar las siguientes indicaciones:

1. Inicie cada época de aplicación con boquillas nuevas. Las boquillas viejas pueden presentar problemas de irregularidad de descarga por medio de desgaste no uniforme del orificio de las boquillas. En general, cambie las boquillas después de asperjar 200 hectáreas, sobre todo si se están aplicando polvos mojables (Fig. 6-1).

2. Todas las boquillas deben ser del mismo número y sus filtros deben tener igual cantidad de mallas.

3. Para aplicaciones terrestres, use una presión entre 20 a 40 libras por pulgada cuadrada (1,4 a 2,8 kilogramos por centímetro cuadrado) para las boquillas Tee-jet, y de 10 a 20 lb para las TK.

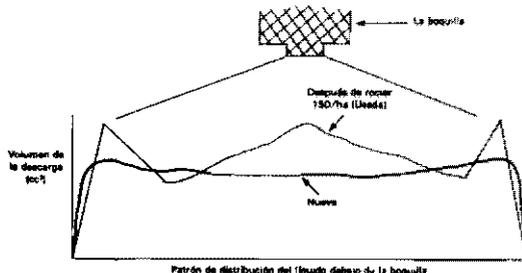


Figura 6-1. Comparación del patrón de aspersión de una boquilla nueva con una usada.

4. Aunque las boquillas nuevas están calibradas en la fábrica para descargar cierto volumen de agua bajo presiones específicas, este dato es relativo ya que ha sido determinado con agua y no con soluciones de herbicidas. Tome ese dato como un índice y compruebe la descarga de cada boquilla individualmente usando la solución o caldo que se va a aplicar.

Coloque un frasco debajo de cada boquilla y mida la descarga de cada una, durante un minuto. La variación de descarga debe ser menor del 15 por ciento con relación al promedio de descarga de todas las boquillas. Si alguna boquilla está aplicando 15 por ciento menos o más del promedio de las demás, ésta debe ser cambiada antes de hacer la calibración. Si la descarga de las boquillas no es uniforme, revise la malla y el orificio de la boquilla para determinar si están obstruidas.

5. Calibre la aspersora sobre el terreno de aplicación. Al cambiar de un terreno a otro diferente, calibre nuevamente. La velocidad de aspersión puede cambiar debido a condiciones diferentes del terreno. En terreno firme, la velocidad de aspersión es más uniforme que en terrenos muy arenosos o húmedos.

6. Nunca limpie los orificios de las boquillas con objetos duros como alambres, destornilladores, clavos, etc. Límpielas con un cepillo utilizando agua o gasolina.

7. Cerciórese de que la aspersora está en perfectas condiciones. Revise el equipo de aspersión, mínimo 30 días antes de su uso, para poder efectuar cualquier cambio o ajuste y para poder conseguir los repuestos necesarios.

8. Cuando se aplican polvos mojables, use filtros de 50 mallas. Para aplicaciones de soluciones o emulsiones, utilice filtros de 50 ó 100 mallas.

9. Compruebe que el operario tenga experiencia.

10. Al terminar la aspersión, no deje la solución en el tanque, sobre todo si son suspensiones de polvos mojables los cuales se sedimentan, obstruyendo mangueras, filtros y boquillas. Lave la aspersora con una solución de jabón y enjuague varias veces con agua. De preferencia no use aspersoras con las cuales se han empleado productos hormonales (como el 2,4-D) para hacer aplicaciones en cultivos susceptibles a dichos productos. Si se han aplicado productos hormonales, lave la aspersora tres o cuatro veces con una solución de amoníaco y enjuáguela con jabón y agua para evitar daño a otros cultivos.

Calibración de aspersoras de espalda

La calibración de aspersoras de espalda es relativamente sencilla, siempre y cuando se tomen en cuenta las siguientes reglas:

- Para usar aspersoras de espalda, es necesario calibrar tanto la aspersora como al operario.

La aspersora y el operario deben calibrarse por lo menos dos veces diarias. Aspersiones prolongadas realizadas por el mismo operario lo fatigan, causando una baja en su eficiencia y como consecuencia, una alteración en la calibración. Al cambiar de operario, la calibración se debe efectuar nuevamente.

- Compre únicamente aspersoras que tengan regulador de presión y manómetro.

Es imprescindible mantener una presión constante durante la aspersión, ya que este factor determina la uniformidad de la aplicación. Esto se puede obtener por medio de un regulador de presión colocado entre el tanque y la manguera de salida, ya sea bombeando inicialmente a una presión por encima de la presión de aspersión o manteniendo la presión promedio de bombeo constante. Los efectos de tiempo de aspersión sobre la descarga se presentan en el Cuadro 6-3.

Cuadro 6-3 Efecto de tiempo de aspersión sobre la descarga de las aspersoras de espalda de presión constante sin regulador

Tiempo (minutos)	Presión (kg/cm ²)	Descarga (cc)	% de reducción en descarga
0 - 1	3.00	760	—
4 - 5	2.33	642	16
9 - 10	1.76	571	25
14 - 15	1.26	509	33

Con base en lo anterior, calibre las aspersoras de espalda de la siguiente manera:

1. Marque un área de 100 metros sobre el terreno donde se va a realizar la aplicación.
2. Determine el ancho de cobertura del aguilón, de acuerdo con el tipo y número de boquillas y su altura sobre el suelo.
3. Llene la aspersora con un volumen determinado de agua.
4. Accione la bomba hasta obtener la presión deseada.
5. Haga una aplicación con agua manteniendo una presión constante y a un paso normal sobre el terreno en que se va a efectuar la aplicación.
6. Determine el agua que se requiere para llenar la aspersora hasta el nivel inicial y obtenga así la cantidad utilizada.
7. Repita esta operación tres veces y obtenga un promedio.
8. Calcule la cantidad de agua necesaria para una hectárea por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{Agua utilizada en litros}) \times (10.000 \text{ m}^2 / \text{ha})}{\text{Área aplicada en m}^2} = \text{litros/hectárea}$$

Ejemplo: una aplicación en 100 m² gasta 3,0 litros.

$$\frac{(3,0) \times (10.000)}{100} = 300 \text{ litros/hectárea}$$

Calibración de aspersoras de tractor

La calibración de aspersoras de tractor se hace, en principio, de la misma manera que se hace la calibración de aspersoras de espalda. Aunque la calibración del operario no es crítica con este tipo de aspersora, sí se requiere un operario con experiencia que conozca bien el equipo, el cultivo, las malezas, el herbicida y los factores que afectan la aplicación de los herbicidas. La calibración se hace con una de las siguientes formas:

Método A

1. Llene el tanque de la aspersora con agua.
2. Regule la presión entre 20 y 40 libras por pulgada cuadrada (1,4 a 2,8 kg/cm²). Si la aspersora no tiene manómetro, empiece la aspersión con una presión baja y vaya aumentándola hasta que

los abanicos de aspersión se crucen. Esta recomendación es sólo para uso en casos de emergencia. Toda aspersora debe tener un manómetro en buenas condiciones.

3. Sobre el terreno donde se va a hacer la aplicación, ajuste la velocidad del tractor entre 4 y 10 km/hora y fije una marca en el acelerador.

4. Determine el tiempo que gasta el tractor en recorrer 100 metros. Repítase varias veces y promedie.

5. Fije la altura apropiada del aguilón para que moje uniformemente. Mida el ancho de cobertura del aguilón. Nótese que el ancho de cobertura es más largo que el ancho del aguilón.

6. Con el tractor parado, cerciórese de que la descarga de las boquillas sea uniforme. Coloque un recipiente debajo de cada boquilla y mida la descarga de cada una en litros durante el mismo tiempo que tomó el tractor en recorrer los 100 metros.

7. De acuerdo con la cantidad de agua descargada por el aguilón y en el área cubierta en una pasada de 100 metros del tractor, calcule la descarga de la aspersora en litros por hectárea, con la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{Descarga del aguilón en litros}) \times (10.000 \text{ m}^2/\text{ha})}{\text{Área cubierta por la aspersora en m}^2} = \text{litros/hectárea}$$

Ejemplo:

Cobertura del aguilón: 6 metros

Descarga por boquilla: 1,5 litros

Descarga del aguilón de 12 boquillas: 18 litros

Área cubierta por la aspersora: 6 m x 100 m = 600 m²

$$\frac{(18 \text{ litros}) \times (10.000 \text{ m}^2/\text{ha})}{600 \text{ m}^2} = 300 \text{ litros/hectárea}$$

Método B

1. Llene el tanque con agua (las mangueras y el aguilón también deben quedar llenos).

2. Regule la presión entre 20 y 40 libras por pulgada cuadrada (1,4 a 2,8 kg/cm²).

3. Determine la altura adecuada del aguilón y mida la longitud de cobertura.

4. Regule la velocidad del tractor entre 4 y 10 km/hora de

acuerdo a las condiciones del terreno en el cual se va a hacer la aplicación y haga una marca fija en el acelerador del tractor.

5. Determine la cantidad de agua descargada sobre un trayecto de 500 metros llenando el tanque de la aspersora con agua hasta el nivel inicial o midiendo la cantidad de agua en el tanque.

6 Calcule la cantidad de agua utilizada por hectárea usando la siguiente fórmula :

$$\frac{(\text{Descarga en litros}) \times (10.000 \text{ m}^2/\text{ha})}{\text{Area cubierta por la aspersión en m}^2} = \text{litros/hectárea}$$

Ejemplo: una aspersora aplicó 50 litros de agua en una distancia de 500 metros. El ancho de aspersión del aguilón fue de 5 metros:

$$\frac{(50 \text{ litros}) \times (10.000 \text{ m}^2/\text{ha})}{(5 \text{ m}) \times (500 \text{ m})} = 200 \text{ litros/ha}$$

Calibración para aplicaciones en banda

La calibración para este tipo de aspersión es igual a la calibración para aplicaciones totales con la excepción de que, cuando se considera el área sobre la cual se va a hacer la aspersión, se debe tener en cuenta el ancho de la banda. La distancia entre boquillas y/o la altura del aguilón se modifican para este tipo de aspersión.

Use uno de los métodos presentados anteriormente para determinar la descarga en litros por hectárea. La única diferencia es que se deben hacer los cálculos con base en el área efectiva cubierta (las bandas).

Ejemplo: Si se usa el método A de calibración de aspersoras terrestres y se requiere una banda de 33 centímetros sobre el surco en un cultivo que tiene una distancia de un metro entre surcos.

Cobertura total del aguilón: 6 metros (6 surcos)

Descarga por boquilla en 100 metros 1,0 litro

Descarga del aguilón de 6 boquillas: 6 litros en 100 metros

Area efectiva de aspersión:

$$6 \text{ boquillas} \times 0,33 \text{ m/boquilla} \times 100 \text{ m} = 200 \text{ m}^2$$

Con base en este dato, se calcula la descarga por hectárea.

$$\frac{(\text{Descarga del agullón en litros}) \times (10.000 \text{ m}^2/\text{ha})}{\text{Area efectiva de aspersión en m}^2} = \text{litros/hectárea}$$

$$\frac{(6 \text{ litros}) \times (10.000 \text{ m}^2/\text{ha})}{200 \text{ m}^2} = 300 \text{ litros/hectárea}$$

Una vez realizada la calibración con base en la descarga de la aspersora en litros por hectárea, calcule la cantidad exacta del agua y del herbicida que se debe añadir al tanque.

Ejemplo: Capacidad del tanque: 600 litros
 Área de aspersión: 1,5 hectáreas
 Descarga de la aspersora: 300 litros/hectárea
 Dosis del herbicida: 2 kg/ha

Para aplicación total

- a) Llène el tanque con 450 litros de agua (300 x 1,5).
- b) Con el sistema de agitación funcionando en el tanque de la aspersora, añada tres kilogramos del herbicida (2 x 1,5).

Para aplicación en banda (banda de 33 cm sobre surcos de 1 m):

- a. Llénese el tanque con 150 litros de agua ($\frac{33}{100} \times 1,5 \times 300$)
- b. Con el sistema de agitación funcionando en el tanque de la aspersora, añada un kilogramo de herbicida ($\frac{33}{100} \times 1,5 \times 2$)

No se hagan aspersiones cuando hay viento excesivo (mayor de 12 a 15 km/hora) o cuando la dirección del viento está orientada hacia cultivos susceptibles. La persona que realiza la aplicación es responsable de cualquier daño ocasionado por acarreo por viento de materiales herbicidas. Conviene recordar esta responsabilidad que tiene quien aplica herbicidas para evitar demandas posteriores.

Siga las normas mencionadas para la calibración de aspersoras y evite problemas debido a aplicaciones incorrectas.

VII. Principios de selectividad de los herbicidas

*Juan Cárdenas **
*Frank S. Davis ***
*Jerry Doll ****

Desde la introducción del herbicida 2,4-D durante la segunda guerra mundial, los herbicidas selectivos han aumentado considerablemente en número y grado de selectividad. Ejemplos de herbicidas altamente selectivos son el triallate y el barban, los cuales poseen selectividad a un grado tan refinado que controlan la avena silvestre (*Avena fatua*) en trigo y cebada sin afectar al cultivo. En el desarrollo de insecticidas y fungicidas para protección de plantas, la selectividad es más fácil de obtener que con herbicidas debido a que las diferencias anatómicas, morfológicas y fisiológicas —entre insectos y plantas y entre patógenos y plantas— son mucho más pronunciadas que las diferencias entre plantas.

A medida que la ciencia del control de malezas se ha desarrollado, la necesidad de herbicidas altamente selectivos hacia cultivos específicos se ha incrementado. Para poder hacer uso de las propiedades selectivas de los herbicidas, es necesario conocer a fondo los factores que controlan el grado de selectividad.

Factores que determinan selectividad

Es importante entender que selectividad es un término relativo, ya que todos los herbicidas selectivos pueden perder dicha propiedad a dosis altas y/o bajo ciertas condiciones. Así por ejemplo, es universalmente conocido que el 2,4-D se utiliza para el control de malezas de hoja ancha en maíz. Sin embargo, dosis excesivas (más de 2 kilogramos de ingrediente activo por hectárea en post-emergencia y cuando el maíz tiene más de 15 centímetros de altura y está creciendo activamente), pueden causar daños severos en el cultivo. De lo anterior se desprende la definición de herbi-

* IPPC, Oregon State University, AID, Bogotá, Colombia.

** Nebraska Mission /ICA/AID, Bogotá, Colombia.

*** Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia.

cidas selectivos como aquellos que, a ciertas dosis y bajo ciertas condiciones, afectan el crecimiento de algunas plantas y no de otras. Para que un herbicida pueda ejercer su acción fitotóxica, es necesario que ocurra lo siguiente:

1. Contacto con la planta
2. Penetración dentro de la planta
3. Movilización al sitio de acción tóxica
4. Ejercer acción tóxica afectando procesos vitales.

Con base en estas exigencias, la selectividad de los herbicidas se puede regular controlando la cantidad del herbicida que entra en contacto con la planta y controlando parcialmente el grado y la tasa de penetración del herbicida por medio de aditivos, como surfactantes o aceites. Depende del tipo de planta la cantidad y velocidad de penetración del herbicida, su movilización al sitio de acción tóxica y su capacidad de resistir la acción del herbicida sobre los procesos vitales.

Para que el herbicida pueda llegar a ejercer su acción tóxica sobre una planta, éste debe sobrepasar una serie de obstáculos (Figura 7-1).

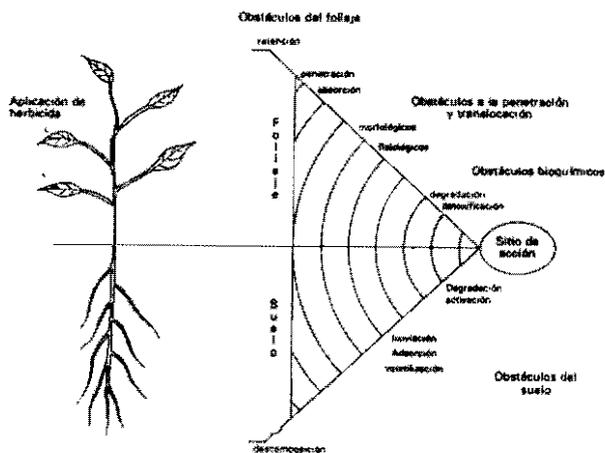


Figura 7-1. Obstáculos que tienen efecto sobre la concentración del herbicida que llegará al sitio de acción. (Fuente: SHAW, W. C. et al. 1960. *The Nature and Fate of Chemicals Applied to Soils, Plants and Animals. Herbicides in Plants.* USDA-ARS 20-9:119-133).

Conociendo estas limitaciones, en muchos casos, se puede controlar la selectividad de los herbicidas. Estos obstáculos o factores que afectan la selectividad, se pueden clasificar de la siguiente manera: físicos y mecánicos, ambientales, anatómicos y morfológicos, y fisiológicos y bioquímicos.

A. Factores físicos y mecánicos

Se denominan así porque la selectividad se puede controlar manipulando el herbicida o su forma de aplicación. Para manipular estos factores con habilidad se requieren conocimientos del cultivo, de las malezas, del suelo y del herbicida. Además, se necesitan implementos adecuados para su aplicación. Se obtiene selectividad física o mecánica con aplicaciones dirigidas, aplicaciones localizadas, incorporación y colocación de herbicidas, controlando la época de aplicación con relación a la emergencia del cultivo y/o de las malezas, variando la formulación del herbicida y de acuerdo con las propiedades del suelo.

1. Aplicaciones dirigidas

Son aquellas hechas en postemergencia a las malezas evitando al máximo el contacto de la solución herbicida con el cultivo (Figura 7-2).

Por ejemplo, la aplicación postemergente de norea + MSMA* para el control de malezas en algodón se debe hacer en forma dirigida, ya que si la solución herbicida entra en contacto con el cultivo, éste puede ser afectado severamente.

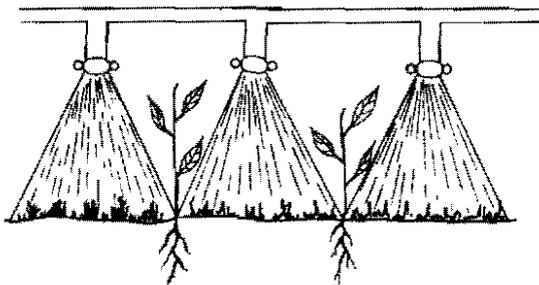


Figura 7-2. Aplicación dirigida hacia las malezas para evitar contacto con el cultivo.

* Herban - M.

2. Aplicaciones localizadas

Denominada así porque la aplicación del herbicida se hace en forma directa e individual sobre plantas indeseables evitando el contacto de la solución herbicida con las plantas deseables. Ejemplos de este tipo de aplicaciones son las aplicaciones localizadas de dalapon para controlar gramíneas indeseables en potreros de gramíneas deseables.

3. Incorporación y colocación de herbicidas en el suelo

Por estos métodos se distribuye el herbicida por debajo de la superficie del suelo, de tal manera que el herbicida esté en contacto íntimo con las malezas y no con el cultivo (Figura 7.3).

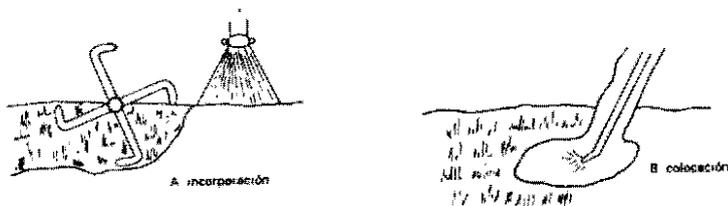


Figura 7-3. Ejemplos de la incorporación y colocación de herbicidas en el suelo.

La incorporación de herbicidas consiste en aplicar el herbicida sobre la superficie y luego se lo incorpora mecánicamente en el suelo. Un ejemplo es trifluralina en cultivos como algodón, frijol y soya. Este herbicida debe ser incorporado después de su aplicación para evitar su pérdida por fotodecomposición o volatilidad y para hacerlo llegar a la zona en donde germinan las malezas. Otro ejemplo de un producto incorporado es trialate (en trigo). La incorporación inmediata es necesaria porque este producto es altamente volátil. La efectividad, en estos casos, se obtiene haciendo la incorporación a una cierta profundidad y la siembra a una profundidad mayor (Figura 7-4).

La colocación de herbicidas difiere de la incorporación de herbicidas en que el herbicida no es aplicado sobre la superficie del suelo sino que, con implementos especiales, se aplica por debajo de la superficie del suelo y no requiere incorporación mecánica puesto que se distribuye por difusión. Un ejemplo es el vernolate, un herbicida selectivo para el control de gramíneas y coquito (*Cyperus rotundus*) en soya y frijol.

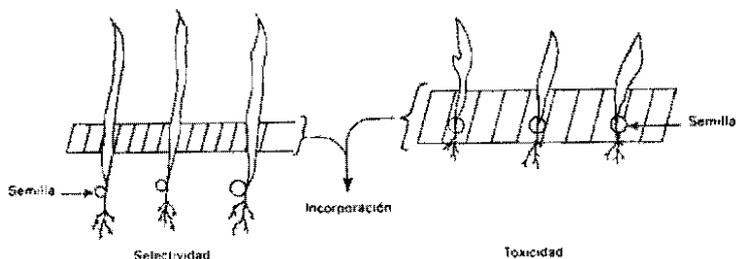


Figura 7-4 Selectividad por profundidad de incorporación y por profundidad de siembra.

Cuando se emplean herbicidas incorporados o colocados se debe tener en cuenta el efecto de la profundidad de siembra con relación a la selectividad del herbicida hacia el cultivo. En algunos casos, es necesario sembrar por debajo de la zona en la cual se distribuye el herbicida mientras que en otros no lo es.

4. Época de aplicación

La selectividad se obtiene cuando se considera el estado de crecimiento en el cual un herbicida no es tóxico para el cultivo. La aplicación del herbicida se efectúa antes o después de la germinación del cultivo o las malezas. En aplicaciones postemergentes, el grado de selectividad o de control varía con el estado de crecimiento de las malezas. En general, cuanto más pequeñas sean las malezas, más susceptibles son a los herbicidas. Cuando las malezas tienen menos de 5 centímetros de altura son tiernas, mientras que al desarrollarse, se vuelven más resistentes debido a la formación de capas cerosas en las hojas y al desarrollo de un sistema radicular más profundo.

La mayoría de los herbicidas selectivos tienen solo actividad preemergente o postemergente pero existen otros que tienen, tanto actividad preemergente como postemergente, hacia ciertas plantas.

Las aplicaciones preemergentes a las malezas y al cultivo son muy comunes y se basan en la resistencia al herbicida de las semillas y las plántulas del cultivo y a la susceptibilidad de las malezas que germinan.

En aplicaciones preemergentes al cultivo y postemergente a las malezas, se pueden utilizar herbicidas no selectivos como el glifo-

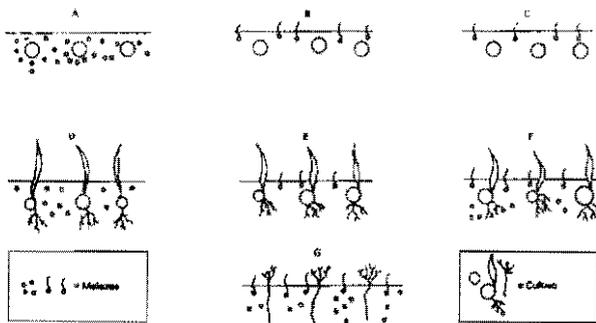
sato o paraquat. Este tipo de aplicación es factible en lugares en los cuales se ha preparado el terreno pero la siembra se ha demorado, permitiendo así que las malezas germinen antes que el cultivo. En terrenos donde abunda el arroz rojo, es posible reducir la población de dicha maleza con este tipo de aplicación. Después de la preparación del terreno, se puede realizar un riego para inducir la germinación e inmediatamente se siembra el cultivo.

Las aplicaciones basadas en épocas de aplicación se presentan en el Cuadro 7.1. Se pueden hacer aplicaciones preemergentes al cultivo y preemergentes o postemergentes a las malezas, con herbicidas que actúan en pre y postemergencia. Tal es el caso del DNEP en trigo, el cual ejerce un efecto preemergente y postemer-

Cuadro 7.1 Selectividad basada en la época de aplicación del herbicida.

Tratamiento*	Cultivo	Malezas	Ejemplo
A.	Pre	Pre	alaclor en algodón
B.	Pre	Post	paraquat en arroz
C.	Pre	Pre-Post	DNEP en trigo
D.	Post	Pre	DCPA en tomate transplantado
E.	Post	Post	2,4-D en maíz;
F.	Post	Pre-Post	propanil en arroz
G.	Latencia	Pre-Post	atrazina + aceite en maíz simazina en alfalfa

* Ver explicación de estos siete tratamientos en los siguientes diagramas.



gente a las malezas. En el cultivo de papa, el linurón o DNEP se pueden aplicar preemergente al cultivo y pre o postemergente a las malezas. En plantaciones en las cuales se hace un aporque tardío, es posible hacer al cultivo aplicaciones preemergentes tardías de estos herbicidas aprovechando su actividad pre y postemergente. En general, este tipo de aplicación es deseable con este tipo de herbicida debido a que en postemergencia la gama de malezas susceptibles es más amplia.

Las aplicaciones postemergentes al cultivo y preemergentes a las malezas, son de dos tipos. Las aplicaciones pueden ser dirigidas al suelo, como en el caso de diurón en algodón. También, pueden ser aplicaciones de herbicidas granulados preemergentes (alaclor en soya).

Las aplicaciones postemergentes al cultivo y a las malezas pueden ser dirigidas, como es el caso del diurón + surfactante y el de norea + MSMA en algodón o más comúnmente, sobre el cultivo y las malezas, como el 2,4-D en postemergencia en maíz o el uso de propanil en arroz.

Recientemente, la atrazina más aceite agrícola no fitotóxico se ha empleado con mucho éxito para el control postemergente de malezas en maíz. Este tratamiento, además de ejercer control postemergente, permite control residual posterior preemergente.

Las aplicaciones hechas durante la latencia de un cultivo son selectivas debido a que el efecto de algunos herbicidas ocurre principalmente cuando éstos se encuentran en periodos de crecimiento activo. Por ejemplo, el 2,4-D es mucho más eficaz en dosis bajas en clima caliente que en clima frío, debido a la tasa de crecimiento de las plantas. En clima caliente, el 2,4-D es mucho más efectivo durante épocas de lluvia que durante épocas de sequía intensa. La alfalfa presenta periodos de latencia durante épocas de sequía, de temperaturas bajas o en épocas post-corte. En este periodo de latencia, es posible utilizar herbicidas como la simazina, la cual es tóxica a la alfalfa cuando está en periodo de crecimiento activo.

5. Formulación del herbicida

La formulación del herbicida es la manera en que el ingrediente activo viene preparado en forma comercial. Los herbicidas pueden ser formulados como soluciones, concentrados emulsionables, polvos mojables o solubles y granulados.

En el caso de herbicidas con estructura básica de ácidos, éstos pueden ser formulados en solución como sales y aminas, o como ésteres concentrados. La manera como los herbicidas están formulados afecta su grado de actividad y en consecuencia, también su grado de selectividad.

Un caso especial es el 2,4-D cuyas formulaciones ésteres son más activas y menos selectivas que la formulación amina. En maíz, por ejemplo, la formulación amina causa daños aplicada en postemergencia cuando el maíz tiene más de 15 centímetros de altura, mientras que la formulación éster puede causar daños severos al maíz cuando éste tiene más de 10 centímetros de altura. En general, los herbicidas formulados como ésteres penetran más rápido en los órganos aéreos los cuales tienen cutícula y capas cerosas que las formulaciones aminas.

Al comparar formulaciones líquidas y granulares, la diferencia en selectividad se manifiesta principalmente cuando la aplicación es postemergente al cultivo. Si el herbicida se aplica en forma líquida éste es retenido por el follaje del cultivo, al cual puede ocasionar daños. Si el herbicida se aplica en forma granular, los gránulos no son retenidos por el follaje, cayendo hasta la superficie del suelo. Aparte de obtener una mayor selectividad, si se desea hacer una aplicación postemergente al cultivo y preemergente a las malezas, el uso de herbicidas granulados en postemergencia permite una distribución más efectiva sobre la superficie del suelo que las formulaciones líquidas.

6. Propiedades del suelo

La actividad de los herbicidas aplicados al suelo como preemergentes o en presiembra e incorporados o colocados en el suelo se afecta por las características físicas y químicas del suelo. Una de las características más importantes de los suelos, con relación a la selectividad de herbicidas es su capacidad de adsorción. La capacidad de adsorción del suelo determina la cantidad de herbicida en forma disponible y además, afecta el grado de su lixiviación. La selectividad depende de la interacción entre los siguientes factores:

1. Capacidad de adsorción
 - a. Textura
 - b. Materia orgánica
2. Propiedades físico-químicas del herbicida
3. Precipitación.

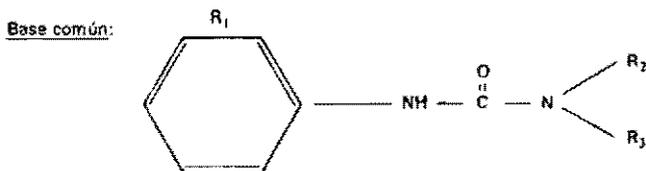
Cuanto mayor sea la capacidad de adsorción del suelo mayor será la dosis de herbicida requerida y menor el riesgo de daño a la semilla del cultivo. Esta capacidad depende de la textura y del contenido de la materia orgánica del suelo. Suelos arcillosos (suelos pesados) y de alto contenido de materia orgánica requieren dosis altas de herbicidas. Suelos arenosos (suelos livianos) y de bajo contenido de materia orgánica, requieren dosis más bajas de herbicidas para un control efectivo y evitar daño al cultivo.

Las propiedades fisico-químicas del herbicida influyen en la susceptibilidad de adsorción de los herbicidas. En general, cuanto más solubles sean los herbicidas, menor será la adsorción en el suelo (Cuadro 7.2).

Estas diferencias en las propiedades fisico-químicas de herbicidas influyen en el grado de selectividad de los herbicidas.

En general, se pueden usar dosis mayores y herbicidas más solubles en suelos pesados (alto contenido de arcilla) y en áreas de lluvia escasa o moderada, mientras que en suelos livianos con poca materia orgánica y en áreas de alta precipitación, se requieren dosis bajas y herbicidas de baja solubilidad para obtener un buen control de malezas y disminuir el peligro de fitotoxicidad al cultivo.

Cuadro 7.2. Solubilidad y adsorción al suelo de ureas sustituidas.



Fenuron	—	-CH3	-CH3	3850	0,3
Monuron	4(-C1)	-CH3	-CH3	230	2,6
Linuron	3,4(-C1)	-OCH3	-CH3	75	—
Diuron	3,4(-C1)	-CH3	-CH3	42	5,2
Neburon	3,4(-C1)	-CH3	C4H9	5	16,0

* Sustituciones en el anillo molecular.

B. Factores ambientales y su efecto sobre selectividad de herbicidas

Los factores ambientales que influyen en el grado de selectividad de un herbicida son: temperatura, agua disponible, humedad relativa y luz. Estos factores y la interacción de ellos influyen en la selectividad de un herbicida debido a su efecto directo sobre el herbicida y su efecto sobre la morfología y fisiología de la planta.

1. Efecto de temperatura

Dentro de ciertos límites, a medida que aumenta la temperatura del ambiente y del suelo, mayor será la rata de crecimiento de las plantas y mayor será la actividad del herbicida. Por debajo del límite, el herbicida pierde actividad mientras que por encima del límite, se aumenta su actividad y este aumento puede reducir su selectividad.

El efecto de temperatura sobre la actividad de un herbicida depende de las propiedades físico-químicas del herbicida. Los herbicidas de alta volatilidad, aplicados en cultivos en forma dirigida, pueden causar daños a temperaturas elevadas. Es el caso de formulaciones de 2,4-D éster que pueden causar más daño a cultivos de trigo o maíz que las aplicaciones de 2,4-D amina cuando hay temperaturas elevadas durante la aplicación y después de ella. Esto se debe a la mayor actividad de la formulación éster a temperaturas elevadas y a una tasa de crecimiento mayor de las plantas. El 2,4-D y otros herbicidas hormonales pueden perder su selectividad hacia cultivos como trigo y maíz cuando éstos se encuentran en la etapa de desarrollo rápido. Esto se debe a la susceptibilidad de tejidos activos o meristemáticos a estos productos. En el caso del maíz, el efecto es sobre los meristemas en los nudos. Cuando éstos son afectados, causan la caída del maíz y en consecuencia los nudos afectados permanecen en condiciones frágiles durante el desarrollo del cultivo. Con nudos frágiles, el maíz es susceptible a volcamiento excesivo cuando ocurren ventarrones. En trigo, el efecto se manifiesta como "aplastamiento" cuando la aplicación se hace antes del macollamiento del cultivo y cuando se realiza después del macollamiento completo, el daño se manifiesta en deformación de las espigas.

La capacidad de penetración se puede deber a un crecimiento rápido con temperaturas elevadas, durante el cual los órganos nuevos de la planta permanecen tiernos, sin depósitos normales de cutícula o cera en las hojas. Bajo estas condiciones, la penetración de muchos herbicidas se facilita o acelera.

Por otra parte, también puede ocurrir pérdida de selectividad con temperaturas muy bajas. Por ejemplo, en el caso de que la selectividad del herbicida se base en su metabolismo dentro de la planta, con temperaturas bajas, la detoxificación del herbicida podría ser demasiado lenta y como resultado, el cultivo podría ser afectado.

Un ejemplo del efecto de la temperatura sobre el grado de selectividad de un herbicida hacia un cultivo, es el de linuron en trigo. En clima frío, el linuron es un herbicida recomendado para control de malezas en trigo. El grado de selectividad es bastante amplio. Sin embargo, este mismo producto en la misma dosis y el mismo cultivo, en clima caliente (Valles de Cauca y Tolima, en Colombia) pierde toda su selectividad llegando a causar del 80 al 100 por ciento de mortalidad del trigo.

2. Efecto de agua disponible y humedad relativa

El agua influye de diversas maneras en el grado de selectividad de un herbicida. Por ejemplo, la interacción de solubilidad de un herbicida, su capacidad de ser adsorbido en el suelo, la cantidad e intensidad de la precipitación y la textura del suelo en una región, son factores importantes; así, en regiones de baja precipitación, la selectividad es posible con herbicidas solubles. En regiones de precipitación elevada, la selectividad se puede obtener con herbicidas de baja solubilidad.

El agua disponible influye en la tasa de crecimiento de plantas y en la dureza fisiológica de ellas. Bajo condiciones óptimas de agua disponible y otros factores de crecimiento presentes, la tasa de crecimiento es más elevada. A medida que el agua disponible disminuye, se establece en la planta un estado fisiológico menos activo. Bajo estas condiciones, la susceptibilidad de la planta puede variar cuando la selectividad se basa en la habilidad del cultivo de recuperarse después de un daño leve. Si el cultivo sufre de marchitamiento durante la aplicación de los herbicidas y después de ella, el cultivo no estará en condiciones de recuperarse normalmente. Si el otro extremo ocurre, demasiada agua (suelos saturados), las raíces del cultivo sufren debido a la falta de oxígeno. Bajo estas condiciones, el cultivo no se puede recuperar debidamente después de la aplicación de estos herbicidas.

C. Factores morfológicos y anatómicos

La morfología y la anatomía influyen en la selectividad de un

herbicida hacia la planta, desde el punto de vista del contacto del herbicida con la planta, su penetración y eventual translocación o movimiento hacia el sitio de acción tóxica.

Los factores morfológicos de mayor importancia que influyen en la retención y penetración de un herbicida son: forma de la planta, posición de la hoja y área foliar, pubescencia, depósito de cera y/o cutícula en las hojas y distribución del sistema radicular.

La forma de la planta (erecta o postrada), la posición de las hojas y el área foliar, influyen en la cantidad de herbicida interceptado y retenido durante la aspersión en postemergencia. Plantas postradas con hojas anchas en posición horizontal y con un área foliar abundante (ejemplo: batatilla, *Ipomoea* spp.) interceptan y retienen una mayor cantidad del herbicida que plantas erectas, con hojas angostas en posición vertical y de área foliar reducida.

La presencia o ausencia de pubescencia en los órganos aéreos de la planta influyen considerablemente en el grado de selectividad de un herbicida. Este factor influye en la cantidad de la solución herbicida que entra en contacto directo con la superficie de la planta. Cuanto mayor sea la pubescencia, menor será el contacto íntimo entre las gotas de la solución herbicida y la superficie foliar.

La superficie foliar está cubierta por una capa cerosa y por la cutícula. Estas capas constituyen un obstáculo a la penetración del herbicida y varían en sus características y espesor, de acuerdo a la especie de la planta y al estado de crecimiento de la misma.

De los factores anatómicos, la posición de los meristemas terminales y laterales y la distribución del sistema vascular son los más importantes. La posición del meristema terminal o la presencia de meristemas secundarios o laterales influyen en el grado de selectividad de un herbicida. Las gramíneas, por ejemplo, tienen un meristema secundario en la base de la hoja y en los nudos. Las plantas dicotiledoneas contienen un meristema continuo lateral a lo largo del tallo (cambio); como estos meristemas son zonas activas de crecimiento, tienden a acumular sustancias. En el caso de las plantas gramíneas, las sustancias se acumulan en estas zonas y únicamente permiten el paso de cantidades limitadas de herbicidas. De esta manera, únicamente uno o dos meristemas secundarios son afectados y el meristema terminal no está expuesto al herbicida.

Las dicotiledóneas o plantas de "hoja ancha" no contienen dichos "nudos" o meristemas secundarios sino que contienen el cambio o meristema lateral continuo) a lo largo del tallo. Estos no constituyen una barrera física al movimiento del herbicida. Este tipo de plantas contienen yemas (meristemas secundarios) además del cambio, las cuales son afectadas a medida que el herbicida es movilizado hacia los meristemas terminales. De esta manera, tanto los meristemas secundarios como los meristemas terminales son afectados con dosis excesivas de algunos herbicidas.

La posición del meristema terminal y de meristemas secundarios es de gran importancia para la sobrevivencia de especies. Aquellas que los tienen expuestos y por encima del suelo son más susceptibles a la aplicación directa del herbicida (dicotiledóneas). Muchas gramíneas tienen el meristema terminal bien protegido por órganos vegetativos o por debajo del suelo.

Después de que el herbicida ha entrado en contacto con la planta, penetrado y movilizado, éste debe poder ejercer su acción tóxica.

En general, las plantas que absorben herbicidas fácilmente son más susceptibles que aquellas en las cuales la absorción se dificulta. En plantas lenosas, por ejemplo, la tasa de absorción del 2,4, 5-T por las hojas está directamente relacionada con su susceptibilidad al herbicida.

Cuando la penetración se efectúa por las raíces, las formulaciones aminas y sales penetran más fácilmente que las formulaciones éster. Esto se debe a que las formulaciones sales y aminas son hidrofílicas y la raíz no presenta capas cerosas y por lo tanto sustancias hidrofílicas pueden penetrar más fácilmente que las lipofílicas (ésteres).

En la cebolla, el desarrollo de una capa cerosa excesiva permite el uso de una solución herbicida de ácido sulfúrico. Esta solución, al 10 por ciento, es rechazada por el cultivo pero es capaz de ejercer su acción tóxica sobre las malezas.

La distribución del sistema radicular influye en el grado de selectividad de un herbicida. En general, las plantas con raíces profundas toleran un mayor número de herbicidas aplicados al suelo. Este tipo de selectividad depende de la solubilidad del herbicida, su adsorción, la cantidad e intensidad de precipitación y de la textura y materia orgánica del suelo.

Una vez que el herbicida ha penetrado dentro de la planta, éste debe ser movilizado al sitio de acción. En algunas plantas, la estructura anatómica puede servir de factor de selectividad al obstaculizar el movimiento del herbicida en la ruta desde su penetración a la planta hasta su sitio de acción. Por ejemplo, hay herbicidas que se movilizan únicamente por el floema y hay otros que lo hacen únicamente por el xilema. Otros, pueden moverse por ambos sistemas vasculares. En el caso del 2,4-D, se moviliza libremente en el floema pero su movilización por el xilema es bastante limitada. Otros, como las úreas sustituidas, (por ejemplo, el diuron), son movilizadas predominantemente por el xilema.

D. Selectividad fisiológica

La selectividad fisiológica se basa en la capacidad de ciertas plantas de activar o de detoxificar la molécula herbicida cuando ésta penetra en la planta, cuando es movilizada al sitio de acción o cuando llega al sitio de acción. También, se basa en la susceptibilidad de los procesos fisiológicos vitales que pueden ser afectados por el herbicida.

Este aumento en la actividad del herbicida afecta su selectividad. Por ejemplo, el MSMA aplicado en postemergencia en dosis de 4 kg/ha causa una ligera clorosis en trigo, la cual desaparece poco tiempo después. Si se adiciona surfactante, la clorosis es más pronunciada y el daño puede ser permanente.

1. Activación de herbicidas

Algunos herbicidas requieren "activación" o una transformación a una forma tóxica de la molécula. Inicialmente, la molécula herbicida es inactiva o de muy baja actividad. El ejemplo más común es el del ácido 2,4-diclorofenoxibutílico (2,4-DB) el cual tiene una actividad herbicida relativamente baja. Sin embargo, entre plantas dicotiledóneas (hoja ancha), existen algunas que tienen un sistema activo de oxidación beta. En otras, éste funciona pero es lento. Por ejemplo, la alfalfa es un cultivo que es capaz de oxidar el 2,4-DB a 2,4-D (Fig. 7-5) pero el proceso es lento y el 2,4-D no se llega a acumular en concentraciones tóxicas. Muchas malezas particulares a este cultivo son susceptibles al 2,4-DB porque acumulan cantidades tóxicas de 2,4-D.

En este caso las dosis excesivas de 2,4-DB o las condiciones ambientales favorables a la transformación del 2,4-DB pueden afectar el grado de selectividad. También es de mucha importancia prever la capacidad de nuevas variedades del cultivo que puedan ser capaces de hacer una conversión rápida.

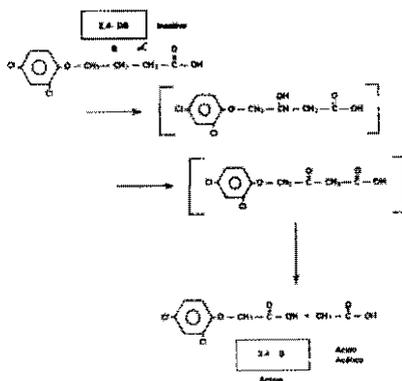


Figura 7-5. Transformación del 2,4-DB a 2,4-D por el proceso de Oxidación beta.

La activación de herbicidas fuera de la planta también es un factor de selectividad importante. Por ejemplo, aplicaciones postemergentes de la sal sódica de 2,4-diclorofenoxyetilosulfato (2,4-DES) no dañan al cultivo de maní, aún cuando el producto entra en contacto con el follaje mismo. Sin embargo, este producto es transformado en el suelo por procesos químicos a una forma activa preemergente (Figura 7-6).

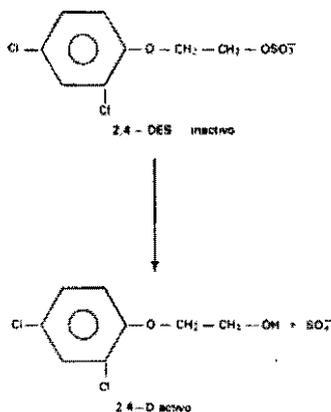


Figura 7-6. Activación del 2,4-DES a 2,4-D en el suelo.

2. Detoxificación del herbicida

Es más común la detoxificación de herbicidas, como factor de selectividad, que su activación. En este caso, la molécula herbicida es tóxica en la forma en que se aplica y la selectividad depende de la capacidad de la planta de convertir la molécula tóxica a una forma no tóxica.

La selectividad del propanil en arroz se debe a la capacidad de detoxificación enzimática de las moléculas herbicidas por parte del arroz (Figura 7-7).

Las malezas susceptibles a este herbicida (por ejemplo, *Echinochloa colonum*) carecen de este proceso enzimático y en consecuencia son afectadas por el herbicida.

La selectividad del propanil hacia el arroz puede ser alterada por insecticidas orgánicos fosforados y carbamatos. La aplicación de dichos insecticidas pocos días antes, durante o pocos días después de la aplicación del propanil, interfieren con el proceso enzimático de detoxificación y resultan en pérdida de selectividad del herbicida hacia el arroz.

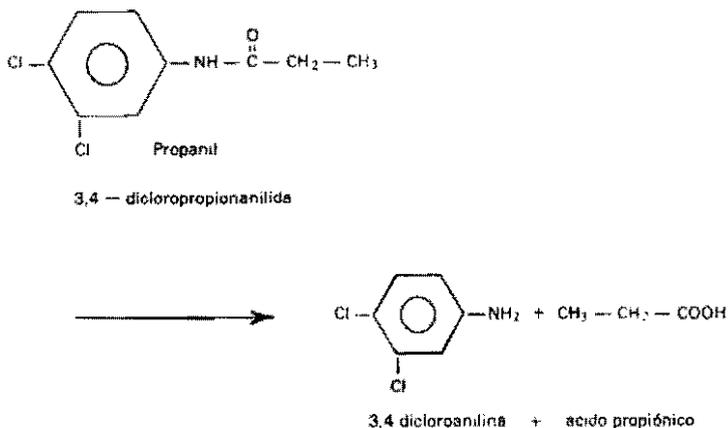


Figura 7-7. Detoxificación del propanil en arroz.

En maíz, la atrazina y la simazina también pueden ser deactivados enzimáticamente. El proceso de detoxificación está controlado por una enzima (hidroxamato cíclico). Figura 7-8.

La producción de la enzima responsable de la detoxificación de las triazinas en maíz está controlada genéticamente por un gen dominante. Cuando el gen recesivo se manifiesta, como ocurre en ciertas variedades de maíz, el cultivo pierde entonces su capacidad de detoxificar el herbicida.

La selectividad fisiológica también puede ocurrir debido a la adsorción del herbicida por proteínas y otros compuestos celulares o por la acumulación de los herbicidas en órganos celulares inertes, como las vacuolas. En otros casos, la selectividad fisiológica se debe a que la molécula herbicida no interfiere en absoluto con el proceso o los procesos vitales de ciertas plantas, o sea, que aunque penetre dentro de la planta y sea distribuido en la totalidad de la planta, no altera ningún proceso fisiológico.

En resumen, la selectividad es un fenómeno relativo ya que se la obtiene con ciertas dosis y bajo ciertas condiciones. Todos los herbicidas pierden su selectividad fuera de ciertos límites y bajo ciertas condiciones. Son muchos los factores que influyen en la selectividad de un herbicida. Conociendo bien tales factores, las propiedades del herbicida y las características del cultivo, los herbicidas pueden ser usados con seguridad y con éxito.

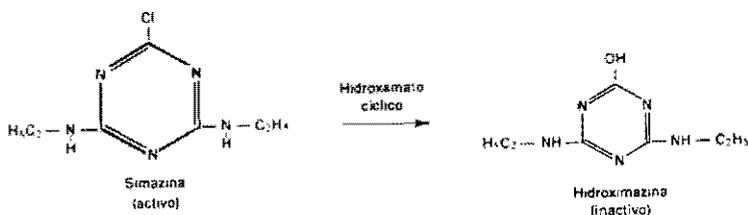


Figura 7-8. Detoxificación de la simazina en maíz

VIII. Modo de acción y síntomas de daños de los herbicidas

*Jerry Doll**

El éxito de los métodos modernos de control de malezas en forma selectiva radica en la posibilidad de cambiar el metabolismo de las malezas que adquieren cantidades mínimas de herbicida, de tal manera que se impida su crecimiento y desarrollo, sin dañar los cultivos. Todos los herbicidas actúan sobre algún proceso fisiológico de las plantas; actualmente, se conoce bastante sobre estos efectos.

Como es de esperar, todos los productos, dentro de un mismo grupo químico, funcionan de una manera similar; por ejemplo, al entender el efecto de atrazina en una maleza, también se sabe cómo actúan la simazina, la ametrina y la prometrina, puesto que todos estos productos pertenecen al grupo de las triazinas. Esto facilita bastante el estudio de este tema, el cual, a simple vista, parece difícil y confuso.

A grandes rasgos, se puede catalogar la acción de los herbicidas en seis grupos, según el proceso fisiológico que afecte:

1. La fotosíntesis.
2. La síntesis de ácidos nucleicos.
3. La respiración y la formación de ATP.
4. La germinación y la formación de raíces.
5. Las membranas.
6. Las proteínas.

Se emplean dos términos parecidos pero cada uno de ellos corresponde a un aspecto diferente de la fisiología del herbicida. Uno, es el modo de acción y el otro es el mecanismo de acción.

Por modo de acción se entiende todos los efectos que ejerce un producto dentro de la planta. En cambio, el mecanismo de acción se refiere específicamente al proceso fisiológico en el cual actúa el

* Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia.

herbicida para causar la muerte de las malezas. Por ejemplo, el hecho de que el 2,4-D afecta los procesos de asimilación, germinación, síntesis de ácidos nucleicos y la respiración, determina su modo de acción; por el contrario, la inhibición de la reacción Hill en la fotosíntesis, es el mecanismo de acción de la atrazina.

Síntomas de daño

Todos los herbicidas aplicados en cultivos tienen selectividad relativa, es decir, son selectivos a ciertas dosis y bajo ciertas condiciones ambientales. La aplicación de una sobredosis del producto, por ejemplo, ocasionaría daño al cultivo y éste se presenta de acuerdo al modo de acción del producto. Es así que una sobredosis de linuron, en soya, causa clorosis en las hojas del cultivo debido a que este producto inhibe la fotosíntesis dentro de la planta. Por lo tanto, un conocimiento de los modos de acción capacita al agrónomo para identificar daños ocasionados por los herbicidas.

Se debe mencionar que son muchas las posibles causas que ocasionan síntomas extraños en los cultivos y casi nunca es fácil separar los síntomas de efectos causados por herbicidas con deficiencias nutricionales, enfermedades, insectos, temperatura alta o baja, incompatibilidad entre pesticidas u otros factores. En el presente capítulo se pretende ayudar al reconocimiento de los síntomas más típicos de los daños causados por herbicidas, según las categorías ya presentadas.

Es importante tener en cuenta el por qué a veces se observa daño ocasionado por herbicidas. Las causas más comunes de fitotoxicidad de herbicidas en los cultivos son las siguientes:

1. Dosis excesiva
2. Producto aplicado a un cultivo susceptible.
3. Aplicación en un estado de crecimiento que es más susceptible.
4. Residuos de aplicaciones anteriores.
5. Lixiviación por mucha lluvia o riego .
6. Acarreo del producto por viento.
7. Volatilización del producto.
8. Aplicación dirigida mal hecha.
9. Incompatibilidad de insumos.
10. Herbicida muy soluble aplicado en el suelo arenoso.
11. Contaminación de la aspersora por otro producto.

Muchas veces se encuentra que hay un complejo o interacción

de estos factores y no es fácil determinar cuál factor, por sí solo, ha sido el causante de un determinado daño a uno solo.

1. Herbicidas que afectan la fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso mágico mediante el cual las plantas transforman la energía solar en formas aprovechables para el hombre y los animales en general. Existen tres grupos de herbicidas capaces de interrumpir este proceso causando la muerte de las malezas.

a) Las triazinas, úreas sustituidas y uracilos. Los herbicidas de estos grupos bloquean la reacción Hill e impiden la producción de energía. Todos ellos tienen actividad en preemergencia; son menos tóxicos y menos selectivos al aplicarlos en postemergencia. Se ha observado que, después de aplicar estos productos, muchas malezas no logran emerger indicando que además, actúan sobre otros procesos fisiológicos de las plantas. Los daños causados por estos herbicidas, aparecen primero en forma de clorosis en las márgenes de las hojas inferiores. Si el daño es fuerte, la clorosis se vuelve necrosis y puede afectar el rendimiento del cultivo.

b) Los bipiridilios. El paraquat es el herbicida más conocido en este grupo químico. Su acción es violenta y no selectiva: mata cualquier tejido verde que entre en contacto con esta sustancia. Dentro de la planta se transforma en un radical, el cual reacciona con una molécula de oxígeno para producir agua oxigenada (H_2O_2). Esta última es capaz de destruir los cloroplastos en poco tiempo, explicando por qué se pueden observar los efectos del paraquat en la planta pocas horas después de la aplicación. No tienen ninguna actividad en aplicación de preemergencia, debido a que la molécula es un ion con cargas positivas, las cuales reaccionan inmediatamente con la fracción orgánica y mineral del suelo inactivando totalmente el herbicida. Los síntomas de daño conllevan a una necrosis en un período de 24 horas, posterior a la aplicación. No afecta los troncos de los árboles ni ningún otro material vegetal que no tenga cloroplastos. Es un producto de contacto que no se transloca a tejidos no tratados.

c) Los triazoles. Este grupo de herbicidas también afecta la fotosíntesis pero de una manera indirecta. Actúa sobre el proceso de formación de cloroplastos y su acción es lenta. Lo primero que se observa, después de la aplicación, es que los nuevos tejidos que produce la planta en los puntos de crecimiento, están totalmente blancos debido a la ausencia de cloroplastos. Estos produc-

tos son más efectivos contra gramíneas y ciperáceas que contra malezas de hoja ancha. Destruye las plantas por falta de alimentos y como resultado de la ausencia de cloroplastos; es sistémico y capaz de moverse por los estolones y rizomas de malezas perennes.

2. Herbicidas que afectan la síntesis de ácidos nucleicos

En este grupo se encuentran los productos conocidos como herbicidas hormonales. Incluye a los que, en bajas concentraciones, producen efectos similares a la hormona natural de las plantas, o sea, al ácido indolacético (AIA).

En el caso de los herbicidas hormonales las dosis que se aplican son mucho mayores que la concentración normal de AIA y por ser hormonas sintéticas, la planta no es capaz de controlar la translocación ni los efectos fisiológicos de estas sustancias. Este grupo incluye al 2,4-D, 2,4,5-T, MCPA, dicamba y picloram. A pesar de ser uno de los primeros herbicidas selectivos encontrados en el mundo, se sabe relativamente poco sobre su mecanismo de acción. Investigaciones realizadas en los últimos años indican que actúa sobre la síntesis de ácidos nucleicos. Además, afecta la respiración, transpiración, absorción de nutrimentos, división celular y otros procesos dentro de la planta. El efecto es uno de estimulación del crecimiento; por eso se dice que la planta tratada "crece hasta la muerte" indicando que trata de crecer tanto que se agotan las reservas de energía y finalmente, la planta se muere.

Los herbicidas hormonales casi siempre se aplican en postemergencia. Su acción es algo lenta, según el estado que desarrolle la planta en el momento de la aplicación; las plantas pequeñas mueren más pronto que las más grandes. En gramíneas, los síntomas de daño pueden ser torcimiento del tallo y "encebollamiento" de las hojas jóvenes, retraso en el desarrollo de las raíces y la parte aérea, y deformación de la hoja bandera y de la espiga. Puede aumentar la presión celular en el meristema haciendo que la planta sea más susceptible al volcamiento durante vientos fuertes o por contacto físico con cultivadores o azadones. Este último efecto es común en maíz y sorgo; generalmente, desaparece después de 10 a 14 días.

Los síntomas que aparecen en especies de hoja ancha, son distintos. Las hojas pueden responder en dos formas. Una se llama hiponastia y se refiere a mayor crecimiento por el envés que por el haz de la hoja. El picloram, frecuentemente, produce este sín-

toma. El otro se denomina epinastia y corresponde al efecto opuesto: mayor crecimiento por el haz que por el envés de la hoja. El 2,4-D y 2,4,5-T pueden ocasionar este efecto en muchas especies de hoja ancha. Normalmente, los puntos de crecimiento y las hojas jóvenes se afectan más que los tejidos ya maduros. Puede provocar el torcimiento de los tallos y peciós, especialmente en especies herbáceas. En algunos cultivos (algodón, frijol y uva, por ejemplo) las hojas jóvenes salen deformadas en forma de "pata de rana".

Muchos de estos productos se formulan como ésteres y por lo tanto, son muy volátiles. Cultivos como tabaco, uva y tomate, son altamente susceptibles a estos herbicidas y aún a los vapores. Normalmente, los cultivos de gramíneas son resistentes a los herbicidas hormonales, pero todos los cultivos son susceptibles en el estado de floración.

3. Herbicidas que afectan la formación de ATP y la respiración

La respiración es simplemente la combustión de azúcares con la formación de CO_2 , agua y energía. Ciertos herbicidas actúan de tal forma que no interfieren con la oxidación pero no dejan que la energía se conserve en una forma utilizable por la planta, sino que se pierde como calor. Los productos DNBP, ioxinil, propanil y nitrofen, han mostrado tener un efecto tóxico de este tipo, según se reporta en la literatura.

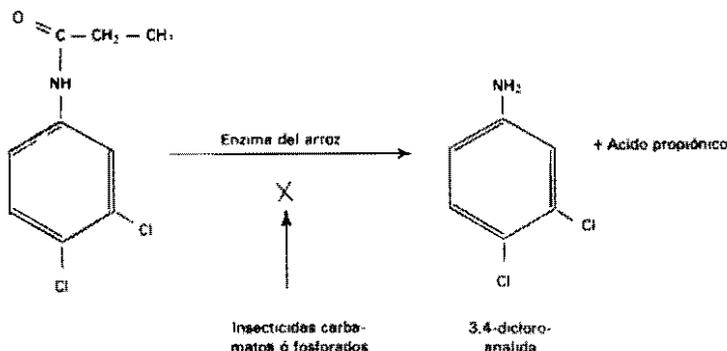
En este caso, no se pueden describir síntomas típicos, puesto que cada producto mencionado pertenece a un grupo químico diferente y no existen síntomas comunes a todos ellos.

4. Herbicidas que afectan las membranas

Las membranas de la planta tratada controlan el flujo de iones, agua, nutrimentos y otras sustancias, de una célula a otra. Al dañarlas, la planta pierde control sobre este flujo y se puede morir. Así actúan en las plantas el aceite aromático, el propanil y el MSMA.

El caso del propanil merece ser mencionado debido a que es uno de los pocos productos en que sí se conoce el mecanismo de selectividad. En cuanto al arroz, actúa una enzima hidrolítica capaz de degradar la molécula de la siguiente manera:

La 3,4-dicloroanilida no posee ninguna actividad tóxica para el arroz. Tampoco afectaría las malezas pero, afortunadamente, éstas no son capaces de producir la misma transformación de la mo-



lécua original del propanil, permitiendo que ejerza su acción tóxica. Se puede observar que algunos insecticidas presentan incompatibilidad con el propanil en el cultivo de arroz; la enzima previene la degradación del propanil, lo que resulta tóxico para el arroz y de allí se deriva la recomendación de no aplicar estos tipos de insecticidas siete días antes ni 15 días después de la aplicación del propanil.

5. Herbicidas que afectan la germinación y el crecimiento de las raíces

Básicamente, son tres los grupos de herbicidas químicos que obran de esta forma: los tiocarbonatos dinitroanilinas (bencenamidas) y acetanilidas. Casi todos los herbicidas son preemergentes o de resiembra incorporados, aunque algunos carbamatos se pueden aplicar en postemergencia, lo mismo el propanil, que es una acetamida.

Así mismo, los tres grupos son particularmente efectivos contra malezas gramíneas y los tiocarbamatos incorporados también dan excelente control de las ciperáceas. En cultivos de gramíneas, los daños se presentan como torcimiento de las hojas y arrugamiento de éstas, e inhibición en el desarrollo de las raíces en las dicotiledóneas. Los tiocarbamatos tienden a inhibir más el crecimiento del coleótilo de las plántulas, más que de las raíces. Estos efectos, probablemente, se deben a la inhibición de la división celular y en el caso de los tiocarbamatos, a los trastornos causados en el metabolismo de ácidos nucleicos o proteínas.

Es interesante notar que, a pesar de que el efecto principal del producto se puede manifestar en las raíces, el sitio de absorción para muchos de estos herbicidas es el coleótilo (parte aérea de la planta o "shoot").

6. Herbicidas que afectan las proteínas

Las proteínas son indispensables para todos los seres vivos; algunos herbicidas pueden afectar la síntesis de proteínas o destruir las ya formadas, de tal manera que se produzca la muerte de las malezas. El grupo más estudiado es el de los herbicidas alifáticos (dalapon y TCA) y aparentemente, el glifosato (un producto orgánico nitrogenado no cíclico) actúa sobre la síntesis de un aminoácido aromático.

El TCA se emplea en los laboratorios para precipitar las proteínas solubles debido a que este compuesto destruye la estructura terciaria de la proteína, igual a lo que sucede cuando se calienta la clara de huevo. Químicamente, el dalapon es muy parecido al TCA y probablemente, actúa dentro de las plantas en forma similar.

El TCA posee actividad preemergente y postemergente, mientras que el dalapon y glifosato son netamente de uso postemergente. Todos estos productos controlan, en forma especial, las gramíneas; son sistémicos, o sea, que se mueven rápidamente a los sitios de nuevo crecimiento. El glifosato trabaja en forma excelente en especies perennes que tienen estolones o rizomas debido a su gran movilidad dentro de la planta. Además, controlan muchas malezas de hoja ancha.

Los síntomas aparecen lentamente, según la dosis aplicada y las condiciones ambientales. Las plantas se vuelven cloróticas, luego, necróticas y finalmente mueren. El dalapon deforma las yemas jóvenes en gramíneas y a veces, produce torcimiento en los tallos. Las plantas tratadas con una dosis subletal de glifosato pueden quedar enanas para siempre.

* * *

En resumen, se puede decir que el modo de acción de los herbicidas es muy variable pero, dentro de un mismo grupo químico existe gran similitud en su modo de acción. Al comprender tales modos de acción, resulta más fácil identificar síntomas extraños que se pueden presentar en los cultivos. Es de enfatizar que un herbicida, siguiendo al pie de la letra las indicaciones impresas en el marbete del fabricante, casi nunca ocasiona daño.

Igualmente, se ha relacionado el síntoma de daño con el modo de acción debido a que ambos aspectos están íntimamente relacionados. Al entender la forma como actúa el herbicida fisiológicamente, se sabrá qué tipo de síntoma de daño es el más probable a presentarse.

IX. Factores que inciden en la efectividad de los herbicidas

*Jerry Doll **
*Juan Cárdenas ***

Un alto porcentaje de los problemas que se presentan en la utilización de los herbicidas se debe al descuido de sus usuarios, ya sea por el desconocimiento de su manejo, por formas inadecuadas de aplicación o bien por falta de mantenimiento necesario en los equipos de aplicación. Esto trae como consecuencia alteración de las dosis de aplicación. Una sobredosis puede causar toxicidad en el cultivo y una dosis baja puede presentar un control deficiente de las malezas. Los factores que intervienen en las aplicaciones terrestres y que inciden en la efectividad de los herbicidas son:

- I. Factores en la aplicación
- II. Factores ambientales
- III. Factores edáficos
- IV. Cultivo
- V. Malezas
- VI. Producto

A continuación, se describirán los aspectos más importantes de cada uno de estos factores.

I. Factores que intervienen en la aplicación

Es fundamental que el equipo de aplicación de herbicidas se encuentre en las mejores condiciones, bajo constante revisión y mantenimiento. Un concepto, muy generalizado y que se debe combatir a fondo, es el de que el equipo de aplicación debe durar toda la vida, con un mínimo de atención, cuando en realidad una buena aplicación depende en gran parte de su buen estado y correcto funcionamiento. Igualmente, pocas veces se le da la suficiente importancia al agua que interviene en la solución para obtener una aspersión adecuada. Entre estas fallas en la aplicación, mencionamos las siguientes:

* Especialista en control de malezas, CIAT, Cali, Colombia.

** IPPC, Oregon State University y AID, Bogotá, Colombia.

1. *El equipo de aspersión*

Se refiere a las fallas que se presentan en las aspersoras, es necesario tener en cuenta todas y cada una de las partes que las componen; entender su funcionamiento y tener claro que, al fallar un accesorio por pequeño que sea, produce un desequilibrio general en el funcionamiento del equipo.

A continuación, se hará una mención breve de los diferentes aspectos que intervienen en el funcionamiento de los equipos. Estos diferentes aspectos, dentro de las fallas del equipo, son:

- a. **Calibración.** Esta operación se debe hacer en el terreno, en donde se hará la aplicación. Una calibración frecuente de los equipos de aspersión reduce a un mínimo la posibilidad de hacer aplicaciones con dosis incorrectas.
- b. **Presión.** Determina la fuerza con la cual debe salir el líquido de aspersión a través de las boquillas. En general, para aplicaciones terrestres, se recomienda una presión constante entre 20 y 40 libras por pulgada cuadrada (1,4 a 2,8 kg/cm²) para las boquillas de abanico plano y de 10 a 20 para las TK (Flood-jet). Presiones menores o mayores de éstas ocasionan una mala distribución del producto y presiones mayores de 40 libras pueden presentar problemas de sobredosis, toxicidad al cultivo, desperdicio del producto y mayor efecto del viento, como consecuencia de gotas más finas en la aspersión.
- c. **Velocidad.** Durante la aplicación, la velocidad se debe graduar de acuerdo con la presión, la topografía del terreno, el tamaño del aguilón y la forma de aplicación. Un exceso o disminución en la aplicación altera fácilmente la dosis recomendada para una superficie determinada.
- d. **Agitación.** Se debe mantener una agitación constante dentro del tanque de la aspersora, para evitar posibles sedimentaciones que obstruirán las boquillas afectando en esta manera la aplicación. Un exceso de sedimentación afecta la uniformidad de la aplicación, presentándose en el terreno cultivado algunas partes sin ningún efecto; en otras, control perfecto, pero con toxicidad al cultivo. La agitación es indispensable cuando se usen productos formulados, como polvos mojables. La preparación de la solución se debe hacer en la siguiente forma:
 1. Llenar la mitad del tanque con agua.
 2. Preparar la solución herbicida-agua en un recipiente pequeño.

3. Iniciar la agitación.
 4. Agregar al tanque el herbicida previamente disuelto en una pequeña cantidad de agua.
 5. Completar el volumen de agua en el tanque.
- e. **Aguilón.** Una permanente posición horizontal y una altura adecuada del aguilón, con respecto del suelo o de la vegetación, son los requisitos para que la distribución sea uniforme y se asegure la efectividad de la misma.
- f. **Boquillas.** El volumen de líquido descargado está directamente relacionado con el tipo de boquilla. La distribución uniforme del herbicida depende del estado de la boquilla. El desgaste de una boquilla puede aumentar o disminuir la capacidad de descargue hasta en un 90 por ciento. El funcionamiento correcto está relacionado con:
1. **Uniformidad en la capacidad de descargue:** Con base en factores constantes (marca de boquillas, presión recomendada, velocidad sostenida, ángulo de aspersión) dos tipos de boquillas en un mismo aguilón aplicarán diferente volumen. Así, una boquilla Tee-jet 8004 aplicará el doble que una 8002.
 2. **Ángulo de aspersión.** Si las boquillas difieren en su ángulo de aspersión, también se afectará la distribución.
 3. **Distribución uniforme del producto.** Ya sea polvo mojable, concentrado emulsionable o solución, en general, se recomienda, para una mejor distribución, lo siguiente:
 - Usar boquellas de aspersión en abanico.
 - Cambiar las boquillas después de que cada una haya aplicado herbicida a una superficie equivalente a 200 ha.
 - Revisar las boquillas cada vez que se haga una aplicación.
- g. **Filtros.** Su principal finalidad es la de impedir la obstrucción de las boquillas con gránulos o partículas gruesas provenientes del agua utilizada o del producto. Si se utiliza agua ligera o moderadamente turbia, los filtros se deben limpiar diariamente; si es muy turbia, limpiarlos cada vez que se llene el tanque de la aspersora.

Un filtro obstruido puede causar una reducción hasta del 90 por ciento en la presión o descarga. En general, los filtros se deben acoplar a los diferentes tipos de boquillas. Si el filtro es de malla, se recomienda usar los de 50 mallas por pulgada cuadrada.

- h. **Mantenimiento.** Los equipos de aspersión se deben mantener siempre en condiciones óptimas, libres de cualquier residuo de otros productos. No se deben dejar soluciones de herbicidas en el tanque de un día para otro. Pueden ocurrir problemas serios de toxicidad cuando se utiliza la aspersora para dos aplicaciones de productos diferentes, sin hacer un lavado adecuado intermedio (ejemplo, una aplicación con 2,4-D en maíz y luego, una de insecticidas en el tomate).

Se debe poner énfasis en que las personas responsables de la aplicación del herbicida en un campo de cultivo, conozcan muy bien el funcionamiento y el uso práctico de todos y cada uno de los accesorios de los diferentes equipos de aspersión.

2. Agua

Puesto que el agua es el principal diluyente, la efectividad de una aplicación es afectada por la calidad del agua utilizada. Los varios aspectos por los cuales puede fallar el agua, son:

a. Calidad

1. **Aguas sucias.** Las aguas muy turbias pueden anular totalmente la efectividad de los productos, como en el caso del Gramoxone (paraquat). Igualmente, ocasiona un mayor desgaste de algunas partes de la aspersora.
2. **Aguas duras.** Las aguas calcáreas o ferruginosas pueden afectar la solubilidad del herbicida causando su sedimentación. Esta situación se presenta principalmente con aquellos productos cuya parte activa contiene radicales ácidos.

b. Cantidad

Los volúmenes de agua, menores o mayores de los necesarios, pueden causar falta de uniformidad en la aplicación, o bien, en la disminución en la retención de la solución*por las hojas. La cantidad necesaria de agua está influenciada por la época de aplicación.

- 1) **Suelo:** Incluye las aplicaciones de productos preemergentes y presiembra incorporados, para los cuales se recomienda, en general, un volumen entre 150 y 300 litros por hectárea.
- 2) **Follaje:** Se refiere a las aplicaciones efectuadas como postemergentes, ya sea en forma total o dirigida. Se recomienda un volumen de agua entre 250 y 400 litros por hectárea. El ejemplo del mayor volumen (400 litros) y de la mayor presión (40 libras) están determinados por la densidad del follaje.

3. *Incorporación*

Los siguientes factores se consideran importantes para una incorporación adecuada, lo cual determina la efectividad del herbicida.

- a. **Preparación del terreno.** Se necesita que el suelo esté libre de terrones o de desniveles topográficos que puedan interferir con la labor de incorporación.
- b. **Tiempo entre aplicación e incorporación.** De preferencia, la incorporación se debe hacer inmediatamente que se realice la aplicación para evitar pérdidas por fotodescomposición y volatilización; ejemplos: Vernám (vernolate) y Treflan (trifluralina).
- c. **Profundidad.** En general, la incorporación se debe hacer en los primeros cinco centímetros de profundidad del suelo. Si se hace muy superficial los resultados serán erráticos y si muy profunda, puede causar toxicidad en la semilla del cultivo o sus plántulas, o también puede diluirse en el suelo sin obtener los efectos deseados.
- d. **Equipo.** En lo posible, se prefiere que la incorporación sea efectuada con rastrillo de discos o un rotavator.

4. *Mezclas de herbicidas o de diferentes insumos*

Es necesario tener las debidas precauciones con relación al uso de mezclas de herbicidas e insecticidas, fertilizantes, fungicidas y compuestos aditivos ya que, aunque se pueden obtener efectos sinérgicos, también se puede presentar serios problemas de incompatibilidad. Un ejemplo de incompatibilidad ocurre con el Stam F-34 (propanil) y los insecticidas orgánicos fosforados y carbamatos. Igual cuidado se debe tener con los surfactantes pues, si bien aumentan la efectividad de ciertos herbicidas, también pueden causar serios problemas de toxicidad.

Al mezclar herbicidas, principalmente, polvos mojables y aceites, es muy importante la forma de preparar la solución. Primero, se debe disolver bien el polvo mojable en agua y luego, agregar el aceite, pues, si el polvo mojable entra en contacto primero con el aceite, se formarán grumos insolubles.

Cuando se trate de mezclas entre herbicidas, se debe verificar su compatibilidad para evitar problemas de sedimentación. El principal problema se presenta cuando se mezclan polvos mojables con concentrados emulsionables o herbicidas de diferente formulación. En general, los herbicidas con igual formulación, son compatibles.

II. Factores ambientales

Los factores ambientales tienen marcada influencia en la efectividad y aplicación de los herbicidas y aunque, hasta el momento, algunos de ellos no son controlables por el hombre, sí se deben tener en cuenta para realizar las aplicaciones en los momentos en los cuales su efecto sea óptimo y no perjudicial.

1. *Humedad*

Su efecto se puede manifestar en varios aspectos:

- a. **Suelo.** Para hacer aplicaciones de herbicidas al suelo (preemergente y presiembra incorporados) se prefiere que haya en el suelo una humedad de arada o de germinación, puesto que suelos muy secos o bastante húmedos alteran la efectividad y la aplicación de los herbicidas. Por otra parte, los productos hormonales requieren una humedad adecuada y condiciones generales que favorezcan el crecimiento activo de las malezas y así, facilitar la translocación de estos herbicidas.
- b. **Rocío.** Este factor influye en las aplicaciones postemergentes, al interferir con la retención de la solución herbicida en el follaje.
- c. **Lluvia.** En aplicaciones postemergentes, la lluvia puede disminuir la retención del herbicida y así, disminuir su efecto. Por ejemplo, el propanil en arroz requiere un mínimo de 12 horas sin llover después de su aplicación; una lluvia, durante ese tiempo, disminuye el efecto del herbicida. En algunos casos se puede aumentar la retención añadiendo un surfactante a la solución. En aplicaciones al suelo, es necesario una lluvia o un riego moderado para obtener una penetración adecuada. Sin embargo, un exceso de ellos puede ocasionar lixiviación o arrastre del producto o causar una dilución tal que su concentración hará perder o disminuir la efectividad para el control de las malezas.

2. *Viento*

Un exceso de viento afecta la distribución de la aspersión. El efecto del viento aumenta con la volatilidad del producto y puede ocasionar perjuicios en cultivos susceptibles cercanos. Es preferible no efectuar aplicaciones cuando la velocidad del viento sea mayor de 10 kilómetros por hora.

Para contrarrestar el acarreo causado por el aumento en la velocidad del viento, se le puede dar cierta elasticidad al pa-

trón de aspersión disminuyendo la presión, aumentando el tamaño de las boquillas o bien bajando la altura del aguilón.

3. *Temperatura*

Las temperaturas elevadas pueden:

- a. Aumentar la toxicidad del producto hacia el cultivo.
- b. Interferir la translocación del herbicida, por marchitez de las malezas.
- c. Inactivar los herbicidas, por volatilización o degradación en el suelo.
- d. Aumentar la actividad de algunos herbicidas postemergentes permitiendo disminuir su dosis (Ejemplo DNBP y 2,4-D).

Las temperaturas bajas pueden disminuir la actividad de los herbicidas debido a una menor tasa de crecimiento de las malezas (Ejemplo: el 2,4-D en clima frío).

Se recomienda efectuar las aplicaciones cuando la temperatura oscile entre 15 C y 32 C.

III. Factores edáficos

Las pérdidas en la efectividad de los herbicidas, en relación con la textura del suelo, se pueden resumir de la siguiente manera; en suelos livianos se puede presentar mayor pérdida por lixiviación y en suelos pesados, por degradación microbiana, relacionada directamente con el contenido de materia orgánica. También es afectada por excesos de acidez, alcalinidad y presencia de sales calcáreas o ferruginosas. En general, se recomiendan las dosis bajas para suelos livianos y las dosis altas, para los suelos pesados. En el capítulo VII, se incluye una explicación más detallada sobre este concepto.

IV. Cultivo

Con frecuencia se presentan problemas con respecto a la selectividad de los herbicidas a los cultivos. Dicha selectividad puede ser parcial para algunas variedades de un mismo cultivo (Ej. el Gesaprim (atrazina) puede causar fitotoxicidad en ciertas variedades de maíz y sorgo).

También se pueden presentar fallas cuando se realizan aplicaciones en épocas o estados de crecimiento no adecuados. La mayoría de los herbicidas se aplican en una época determinada o en un estado de crecimiento definido.

En el caso de Vernám y de Trellán, que se aplican únicamente en presiembra; Herban (norea) y Lazo (alaclor), sólo en

preemergencia; Stam F.34 y Gramoxone en postemergencia; DSMA aplicado en postemergencia dirigido, cuando el cultivo tiene determinada altura. Son muy escasos los matamalezas que se pueden aplicar en momentos diferentes a los recomendados, por ejemplo, los productos antes mencionados aplicados en época diferente presentarán resultados de menor efectividad y selectividad.

Respecto a los surfactantes, aunque pueden aumentar la efectividad de ciertos herbicidas, no quiere decir que el uso del surfactante siempre sea necesario y ventajoso. El empleo inapropiado del surfactante puede destruir la acción selectiva de un herbicida causando fitotoxicidad al cultivo o un control deficiente de las malezas. Esta última situación se puede deber a que una rápida penetración inicial del surfactante mataría los tejidos con los cuales entra en contacto, impidiendo la posterior translocación del herbicida.

V. Malezas

En las recomendaciones de herbicidas, es importante tener en cuenta la población de malezas existentes ya que ningún herbicida selectivo controla todo tipo de malezas. Comúnmente, ocurre que al eliminar la competencia de las malezas predominantes, toman importancia las malas hierbas secundarias. Este problema se agudiza cuando no se realiza un control inicial de una de las especies de malezas predominantes. Un ejemplo de esta situación es la siguiente: en determinadas regiones, la maleza predominante en el cultivo es el coquito (*Cyperus rotundus*) pero al controlarlo, se desarrolla posteriormente una serie de malezas de hoja ancha que pueden llegar a ser más perjudiciales que el coquito. Otro aspecto importante es el de que, a medida que aumenta el crecimiento de las malezas, disminuye la susceptibilidad al herbicida; por lo tanto, el estado ideal de control postemergente es cuando las malezas tienen de 2 a 3 hojas. Es importante anotar que las malezas perennes son más resistentes a los herbicidas que las anuales. Otra interferencia por las malezas es el caso de aplicaciones postemergentes, cuando la densidad de cobertura impide una eficaz distribución del herbicida.

VI. Producto

Frecuentemente, se presentan casos en los cuales la calidad de los herbicidas se ha afectado en forma tal que su poca efectividad trae consecuencias antieconómicas para los usua-

rios. Generalmente, esta situación está bastante relacionada con dos aspectos principales: tiempo y lugar de almacenamiento.

En cuanto al tiempo de almacenamiento, se recomienda no usar productos que hayan permanecido almacenados por más de un año puesto que, al cabo de un tiempo determinado, lentamente los herbicidas comienzan a degradarse o sedimentarse, lo cual anula su actividad.

Respecto al sitio de almacenamiento, un producto al aire libre, expuesto a la humedad, luz y temperatura, inicia rápidamente la degradación.

Se debe preferir comprar el herbicida exclusivamente durante el año en que se utilizará. Si los matamalezas se guardan en almacenamiento, se debe procurar tenerlos en un lugar seco, a temperaturas no mayores de 25 C, en envases sellados y separados de los demás insumos.

Antes de usarlo, se deben agitar bien, para evitar posible sedimentación.

RESUMEN

El objetivo principal de la anterior descripción sobre los principales factores que intervienen en la efectividad y aplicación de los herbicidas, es el de insistir en la necesidad del manejo adecuado y de las aplicaciones correctas para obtener los beneficios propuestos. Por otra parte, se espera que los aportes sobre este tópico cada vez serán más concisos y claros, en la medida que continúe el incremento y uso de los herbicidas.

X. Formulaciones de herbicidas

*Jerry Doll**

Una vez que se ha seleccionado el herbicida apropiado a las condiciones de suelo, tipo de malezas y cultivo, el próximo paso es la selección de una formulación apropiada. Esto último, muchas veces, representa la diferencia entre éxito y fracaso. Además, la aplicación y el manejo del producto depende del tipo de formulación y por lo tanto, el conocimiento de aspectos básicos sobre formulaciones es necesario para un uso apropiado.

En general, por formulación se entiende la preparación de productos químicos para su uso práctico. El tipo de formulación puede influenciar la precisión de la aplicación, la efectividad del control, la selectividad de ciertos herbicidas, la facilidad de manejo y lo que es más importante aún, el costo del tratamiento.

Los herbicidas se aplican casi siempre en forma líquida (pulverizaciones) o sólida. Algunos fumigantes, como el bromuro de metilo, son aplicados en forma gaseosa. Las formulaciones líquidas comprenden: soluciones acuosas, líquidos solubles en aceites, concentrados emulsionables, suspensiones, emulsiones invertidas y encapsulados. Los sólidos son formulados como polvos mojables, polvos solubles, granulares o como gránulos solubles en agua. En muy pocos casos se usan formulaciones en polvo.

Se deben considerar varios factores en la decisión de cómo formular un determinado ingrediente activo entre ellos:

- a) **Las propiedades físicas y químicas del herbicida.** La solubilidad del compuesto en varios solventes es de mayor importancia; la volatilidad puede también influir o determinar el tipo de formulación a emplear.
- b) **El uso.** Si el herbicida va a ser usado fundamentalmente en el control de malezas arbustivas, leñosas, de cutícula cerosa, probablemente será formulado como concentrado emulsionable u otro tipo de formulación en la cual el solvente usado ayude a la penetración. Si su uso requiere selectividad, deberá

* Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia.

ser formulado con menos aceite o menor proporción de humectantes. Si su uso está orientado a controlar malezas pequeñas, a través de actividad en el suelo en un cultivo en crecimiento, puede ser formulado como granular para permitir que pase por las hojas del cultivo y que llegue al suelo.

- c) **El área de uso.** Las prácticas usadas por los productores varían para diferentes regiones. Muchos agricultores en el Medio Oeste de los Estados Unidos, han usado por mucho tiempo granulares y consecuentemente se han acostumbrado a su uso. En contraste, en las regiones áridas del Oeste, los granulos son menos confiables en su comportamiento y por lo tanto, menos aceptados por los agricultores.
- d) **Material disponible.** Muchas empresas de herbicidas han cambiado la formulación debido a escasez de alguno de los solventes, emulsificadores y recipientes, especialmente en los últimos años.
- e) **Factores económicos.** Un análisis económico incluirá algunos de los factores mencionados previamente. Se tendrá en cuenta el costo de los solventes, emulsificantes, recipientes, costo de transporte, etc. En general, las formulaciones con bajo porcentaje de ingrediente activo, resultan más caras para el comprador.

Grandes aumentos en el costo de solventes y emulsificantes, en los últimos años, han cambiado el panorama con respecto a los concentrados emulsionables. El costo relativo de la formulación talvez no sea muy importante en cultivos de alto valor, pero, para cultivos que producen bajos beneficios, esto puede ser muy importante en cuanto a la aceptación por parte del agricultor.

A. Formulaciones líquidas

1. Soluciones

En este tipo de formulación, el ingrediente activo puede ser fácilmente disuelto en agua o aceite (solventes orgánicos), formando una verdadera solución. Una solución es una mezcla homogénea, formada al disolver una o más sustancias (sólido, líquido o gas) en otra sustancia. El compuesto que se disuelve es llamado soluto y la sustancia en la cual se disuelve se denomina solvente.

En el caso de herbicidas solubles en agua, el fabricante puede proceder a disolver el compuesto en agua y venderlo como concentrado para luego ser diluido por el usuario. En general, el herbicida debe ser soluble por lo menos en un 25 por ciento o sea,

aproximadamente 1/4 de kilo por litro de agua, para que pueda ser vendido como solución. Hay muchos ejemplos de este tipo de formulación, incluyendo el 2,4-D amina, Banvel (dicamba), Tordon (picloram), Gramoxone (paraquat) y Roundup (glifosato).

Generalmente, la proporción de ingrediente activo oscila entre 50 y 80 por ciento y el resto corresponde a los aditivos y diluyentes. La mayor ventaja de los herbicidas solubles en agua es que son relativamente baratos y no requieren agitación en el tanque, una vez que se han disueltos. Los siguientes problemas se pueden presentar, sin embargo, al usar este tipo de formulaciones:

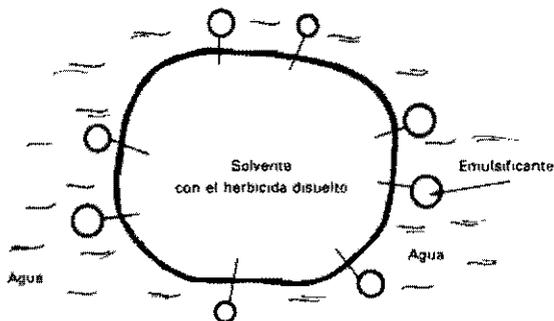
- a) Pueden reaccionar contra aguas duras, tapando los caños y mangueras del equipo o reduciendo la fitotoxicidad del herbicida.
- b) A veces, el ingrediente activo no penetra en el follaje en forma adecuada. Esto puede ser debido a la excesiva tensión superficial propia del agua, lo cual aumenta la posibilidad de formación de cristales en la superficie de las hojas. Esta característica puede ser deseable cuando la selectividad del compuesto se basa en un remojo diferencial; resulta inefectivo cuando se busca que el tratamiento controle todas las especies o si las malezas que se desean controlar, tienen considerable cubierta de cera.
- c) El producto puede ser fácilmente perdido por lixiviación en el suelo. Esto puede ser ventajoso cuando se aplica para controlar malezas perennes con raíces profundas; sin embargo, cuando se pretende hacer una aplicación preemergente selectiva, esta circunstancia no es deseable, pues puede ser lixiviado por el agua de lluvia o riego, causando una pérdida del compuesto o daño al cultivo.

Las formulaciones de herbicidas solubles en aceite u otros solventes orgánicos, para los cuales el aceite es usado como portador y no el agua, son poco frecuentes. Su uso está restringido al control no selectivo de malezas arbustivas o al control no selectivo en áreas no agrícolas.

2. *Concentrados emulsionables*

Algunos herbicidas no pueden ser disueltos directamente en agua. Sin embargo, pueden ser solubles en solventes orgánicos no polares tales, como xilol, y luego mezclados con agua y emulsificante para formar una emulsión. Una emulsión es una mezcla en la cual un líquido es suspendido en pequeños glóbulos en otro lí-

quido. El tipo de emulsión más común estaría representado por gotas de aceite suspendidas en agua. Generalmente, cuando mezclamos agua y aceite, las dos fases se separan rápidamente. Si agregamos un emulsificante (surfactante) adecuado, se formará una emulsión mucho más estable que la previamente citada (sin emulsificante). La razón de esto es que las moléculas del emulsificante se orientan alrededor de las gotas de aceite o solvente como se indica en la siguiente figura.



La porción lipofílica del emulsificante se introduce en la gota de solvente y la hidrofílica es atraída por el agua, mientras que las gotas que permanecen pequeñas son suspendidas en el agua. Cuando se juntan (coalescencia), forman gotas más grandes que tienden a separarse del agua. El agente emulsificante evita la coalescencia. La fracción hidrofílica de la molécula repele a las otras de la misma característica; por lo tanto, mantiene las gotas separadas.

Un concentrado emulsionable consiste de: 1) un solvente no polar, 2) el herbicida disuelto en dicho solvente y 3) un agente emulsificante. Cuando el concentrado emulsionable (CE) se agrega al agua dentro del tanque, se forma una emulsión estable de pequeñas gotas con el herbicida disuelto en el solvente y dispersas en el agua. El herbicida no ha sido disuelto en el agua sino que, simplemente, está suspendido en agua por estar disuelto en el solvente orgánico. El emulsificante actúa para mantener las gotas dispersas del solvente, tal como se presentó en la Figura 10-1. En el mercado se encuentran cientos de concentrados emulsionables y se incluyen, entre ellos, productos tales como el 2,4-D éster, Sutan, Treflan, Lazo y muchos otros.

Supongamos que se le entrega a usted una muestra de un concentrado líquido conteniendo un herbicida: ¿cómo puede usted determinar si es un concentrado emulsionable o una solución verdadera? La respuesta es simple; vierta el contenido en un recipiente con agua y agite ligeramente. Si se trata de una solución verdadera se formará una mezcla clara aun cuando pueda ser ligeramente coloreada. El concentrado emulsionable, por otro lado, siempre formará una mezcla lechosa. A propósito, la leche es un buen ejemplo de emulsión natural, en la cual los glóbulos de grasa son suspendidos en un medio acuoso, siendo el emulsificante la caseína.

Una de las condiciones para poder formular un compuesto como concentrado emulsionable es que sea soluble en solventes no polares. Una solubilidad de, por lo menos 12 por ciento, es necesaria para producir económicamente un concentrado emulsionable. La mayor parte de ellos contiene alrededor de 25 por ciento de solubilidad y algunos llegan hasta un 80 por ciento.

Los concentrados emulsionables postemergentes penetran la porción de cera de la cutícula de las hojas mejor que las otras formulaciones. Esto implica más efectividad contra malezas difíciles de controlar pero también, menos selectividad que otras formulaciones. Pueden ser aplicados con aguas duras, sin reacciones adversas. Es menos probable que sean lavados del follaje por la lluvia o por riego de aspersión. Son menos abrasivos para las bombas y otras partes del pulverizador, comparados con los polvos mojables; permanecen suspendidos en el tanque por períodos más largos que estos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la emulsión es una suspensión y como tal, requiere alguna agitación para mantenerse en condición de utilización.

3. *Pastas (flowables)*

Esta formulación es de aparición muy reciente en el mercado y consiste en concentrados de sólidos o líquidos suspendidos en un líquido. Los más comunes contienen el herbicida finamente molido y suspendido en un emulsificante. Puede ser considerado como una pasta preparada de antemano y envasada para ser agregada al tanque. Puesto que es una suspensión, es necesario agitar bien el recipiente antes de medirlo.

4. *Emulsiones invertidas*

En este caso, la fase discontinua es el agua y la continua es el aceite, obteniéndose un producto similar a la mayonesa. La ven-

taja de este tipo de formulación es la reducción del acarreo frecuente del producto para hacer aplicaciones aéreas o de otro tipo que puedan resultar en desplazamiento del producto fuera de la zona deseada, por acarreo por el viento.

5. *Encapsulados*

En este caso, pequeñas cantidades de herbicida son comprimidas en cápsulas las cuales, posteriormente, se suspenden en líquidos. Este concentrado puede ser mezclado con agua y aplicado con una aspersora común.

El objetivo de esta formulación es obtener una liberación controlada y lenta del herbicida, por un cierto período de tiempo, para prevenir una excesiva pérdida por evaporación, lixiviación o degradación.

Formulaciones sólidas

1. *Polvos mojables*

Algunas veces, un nuevo herbicida no es suficientemente soluble en agua ni en solventes orgánicos. En tales casos, puede ser finamente molido para ser formulado como polvo mojable. Se define como polvo mojable aquel que forma una adecuada suspensión en agua.

La formulación se obtiene al verter el producto técnico en un material inerte, como arcilla, y se agrega un humectante y un dispersante a la formulación. El humectante ayuda a mojar el producto técnico cuando se agrega el agua, de manera que no flote en ella. El dispersante hace que las partículas se dispersen en la fase acuosa. El típico polvo mojable de 50 por ciento de ingrediente activo puede contener 42 por ciento de arcilla, +2 por ciento de humectante, +2 por ciento de dispersante, +4 por ciento de impurezas, +50 por ciento de ingrediente activo.

Los polvos mojables no son soluciones sino suspensiones y por lo tanto, se necesita considerable agitación para evitar su precipitación. Por ejemplo, imaginemos la presencia de limo suspendido en el agua de un río. Mientras se mantenga la turbulencia, los sólidos permanecerán en suspensión, pero, al parar la agitación, el sólido se precipitará.

Los polvos mojables generalmente tienen poca actividad foliar. Cuando se aplican al suelo requieren activación por medio de lluvia o de riego. Tienden a ser abrasivos para las bombas y

boquillas. Debido a que, por lo general, contienen alto porcentaje de ingrediente activo y no se necesitan ni solventes ni envases metálicos, logrando así que el costo por unidad de ingrediente activo tienda a ser más bajo que muchas otras formulaciones.

Los polvos mojables deberán ser mezclados con una pequeña cantidad de agua para formar una pasta, antes de mezclarlos con el agua del tanque. Esto favorece la dispersión en el agua, asegurando el máximo de producto técnico en suspensión.

2. *Polvos solubles*

Los herbicidas solubles en agua pueden ser formulados como sólidos en polvos solubles, para luego ser mezclados con agua. Se pueden agregar aditivos a los polvos solubles en agua para mejorar su efectividad. Comúnmente, se agregan humectantes y dispersantes para impedir la precipitación en aguas duras. Dowpon y Basfapón (dalapón) y Velpar son ejemplos de polvos solubles.

3. *Gránulos*

Las formulaciones granulares contienen del 2 al 20 por ciento de ingrediente activo del herbicida, en forma de gránulos. Se les prepara impregnando el herbicida en materiales inertes, tales como arcilla o residuos vegetales (marlos o cáscaras de nueces, etc.). Las partículas son cernidas, de manera que la mayor parte pueda pasar por una malla de un tamaño de 15 y 40*. El equipo necesario para aplicar granulados es más barato que el utilizado para pulverizaciones.

Los gránulos pueden pasar sin adherirse a la cubierta vegetal en aplicaciones postemergentes y llegar fácilmente al suelo. Pueden liberar herbicidas durante un cierto periodo, lo cual, en ciertas circunstancias, puede ser deseable. El desplazamiento fuera del área deseada es mínimo y el herbicida no necesita ser soluble en agua o en otros solventes.

Sin embargo, el costo de estos productos tiende a ser mayor cuando se compara con otras formulaciones. La uniformidad de distribución es, generalmente, inferior a la obtenida con otras formulaciones puesto que los gránulos pueden rodar o ser llevados por el viento hacia el centro de los surcos, lo cual aumenta la concentración del producto en este sitio.

Los herbicidas que requieren relativamente más agua para su activación en el suelo, pueden ser menos efectivos cuando se les aplica como granulados.

* Número de cuadrados por pulgada lineal, característica que los diferencia de los polvos mojables cuyo tamaño está determinado por el paso de una malla de 300.

4. Pellets (Comprimidos)

En este tipo de formulación, las partículas son más grandes que los gránulos y se les emplea en tratamientos limitados, localizados, en "manchones". Muchos pellets son formulados con materiales solubles en agua, tales como boratos, los cuales, en lugar de impregnar el herbicida con materiales inertes e insolubles, tales como en los granulares, tienen además las mismas ventajas y desventajas de los granulares.

Ingrediente activo vs. equivalente ácido

Ingrediente activo es el término aplicado a la parte del producto que es responsable del efecto herbicida. En formulaciones sólidas se expresa como porcentaje. Como ejemplos, un polvo moible puede contener 80 por ciento de ingrediente activo, en cambio, un granulado contiene un cuatro por ciento.

La concentración de herbicidas cuya forma activa es un ácido, se expresa generalmente como equivalente ácido. El término equivalente ácido se aplica al rendimiento teórico en ácido, de un ingrediente activo. Por ejemplo, el 2,4-D puede existir en forma activa como un ácido; sin embargo, por varias razones, la forma ácida puede ser cambiada a sal o éster. En este caso la sal o el éster se consideran como el ingrediente activo de la formulación; sin embargo, las recomendaciones se basan en el número de moléculas de ácido por hectárea, en lugar del número de moléculas de sal o éster. Se recomienda entonces la dosis en kilogramos de 2,4-D ácido por hectárea, en lugar de kilogramos de 2,4-D éster. Una molécula de 2,4-D éster puede ser considerablemente más pesada que una molécula del ácido. Por lo tanto, si recomendamos un kilo de ingrediente activo por hectárea, aplicaríamos considerablemente menos moléculas que si la recomendáramos en equivalente ácido. Para evitar esto, así como las diferencias en pesos moleculares de diferentes ésteres, aminas, etc., se convierte todo el peso en ácido (es decir, ácido equivalente).

En el siguiente fragmento de una etiqueta de una formulación de 2,4-D se puede apreciar la diferencia mencionada previamente. Nótese que el porcentaje de ingrediente activo es 63.2 y el equivalente ácido, sólo 43.5 por ciento.

Ingrediente activo

Ester del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético ... 63.2%

Ingredientes Inertes 36.8%

Acido equivalente

Acido 2,4-Diclorofenoxiacético 43.5% (en peso)

o sea 48.0% g/litro

XI. Surfactantes: clases, propiedades y aplicaciones prácticas

*Jerry Doll**

La utilización de productos químicos para controlar malezas y plagas se torna cada año más eficiente, pero a la vez, más compleja. En pocos años, se ha aumentado en el mercado el número de estos productos de una manera sorprendente y cada día se comercializan aún más. Otro aspecto nuevo en la ciencia de los pesticidas es el uso de "surfactantes" o sea, sustancias que se agregan al ingrediente principal (pesticida) para mejorar su acción.

Las compañías productoras de pesticidas siempre han usado cantidades pequeñas de estas sustancias para mejorar las propiedades físicas y químicas de la mezcla de su producto con agua. Actualmente, se encuentran a disposición del agricultor varios surfactantes que modifican la acción pesticida. Se necesita, por lo tanto, comprender las clases, propiedades y efectos de ellos, para obtener los mejores resultados.

En general, se destaca el hecho de que el herbicida, tal como se vende en el comercio ha sido formulado para dar resultados satisfactorios; en consecuencia, si el uso de un surfactante es indicado, el marbete impreso y adherido al recipiente del herbicida, debe especificarlo claramente. Para ayudar a entender mejor la acción que ejercen estos productos, se presentan a continuación las clases, propiedades y aplicaciones prácticas.

CLASES DE SURFACTANTES

Al estudiar el origen de la palabra "Surfactante" se podrá comprender un aspecto de estos productos. Esta palabra es la contracción de tres palabras inglesas "Surface Active Agent" las cuales significan "Agente Activador de Superficies". Es decir, que los surfactantes modifican las propiedades de superficie de los herbicidas y demás pesticidas. Eso se refleja en fenómenos tales como la tensión superficial, incompatibilidad de agua y aceite y lavado de superficies aplicadas por falta de adhesión. El cambio de esas

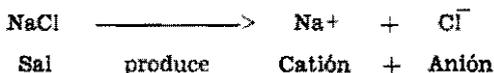
* Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia.

propiedades en la superficie son las que se van a alterar con el uso de surfactantes.

Se pueden clasificar los surfactantes así:

1. Iónicos: Catiónicos, y Aniónicos
2. No-iónicos.

Para comprender el concepto de iones se presenta el siguiente ejemplo:



Es decir, un ion es simplemente una molécula con una carga la cual puede ser positiva (catión) o negativa (anión). Los surfactantes no iónicos no tienen ninguna carga y son realmente inertes. No reaccionan con los pesticidas ni con las aguas duras. La mayoría de los surfactantes comercializados para la agricultura son los no-iónicos. Hay que tener en cuenta que ciertos pesticidas requieren un surfactante especial y siempre se deben leer las instrucciones impresas en el marbete o etiqueta antes de mezclarlo con cualquiera de ellos.

PROPIEDADES DE LOS SURFACTANTES

No todos los surfactantes poseen las mismas características y propiedades. Además, algunos son utilizados más específicamente para herbicidas que para insecticidas y viceversa, debido a cambios en las propiedades de uno a otro.

Los surfactantes son aditivos con propiedades detergentes y emulsificantes. También tienen propiedades lipofílicas e hidrofílicas debido a la naturaleza de las moléculas. Debido a esta propiedad lipo e hidrofílica, el surfactante reduce la tensión superficial de las soluciones. Cuando este efecto se traslada a la interacción entre una solución herbicida y la superficie de la hoja, el efecto del surfactante es el de crear un contacto más íntimo entre las dos fases. En caso de pubescencia sobre la hoja, el surfactante permite que la solución la traspase y entre en contacto directo con la superficie foliar. En el caso de capas cerosas y cutículas, el surfactante facilita la penetración del herbicida a través de estas barreras, ejerciendo: a) su poder lipofílico, a través de la capa cerosa y a través de la porción lipofílica de la cutícula, y b) su poder hidrofílico, a través de la porción hidrofílica de la cutícula.

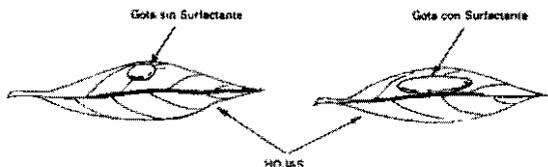
Cuando la selectividad del herbicida hacia una planta se debe a la penetración del herbicida, el surfactante puede reducir la se-

lectividad, como en el caso de MSMA en trigo. De aquí la importancia de que no se deben usar surfactantes en aplicaciones postemergentes a menos que se recomiende su uso. Cuando se desea ampliar la actividad del herbicida sobre un complejo de plantas, y cuando no existe el peligro de perder la selectividad hacia el cultivo, se puede emplear el surfactante.

A continuación se presentan los principales efectos de los surfactantes.

1. Mejorar el cubrimiento (el mojado)

Casi todos los productos tienen esta misma propiedad, (hasta el mismo jabón casero), la de bajar la tensión superficial, lo cual produce un mayor cubrimiento (humedecimiento) del área aplicada. Eso se puede observar en la siguiente figura:



Al reducir las fuerzas de cohesión del agua, la gota se expande mucho más sobre la superficie.

2. Reducir la evaporación

Algunos surfactantes mantienen controlada la presión de vapor de los herbicidas volátiles y por consiguiente, no se pierden tan rápidamente, obteniendo actividad más prolongada.

3. Aumentar la penetración

Quizás, esta es la principal razón para usar surfactantes con herbicidas postemergentes. Algunos productos, tales como dalapon, amitrol, propanil, paraquat y MSMA muestran una fuerte actividad al agregar surfactante a la solución. Este efecto va muy ligado al primer punto: si hay mejor cubrimiento, casi siempre el producto penetra más en el tejido de las hojas del cultivo. Además, el surfactante puede incrementar el número de estomas penetrados por el herbicida.

Hace varios años, muchos herbicidas se consideraron activos en el suelo, y de reducida actividad postemergente, pero hoy día, estos mismos productos muestran bastante actividad foliar al agregar ciertos surfactantes al tanque de la aspersora. Por ejemplo, se recomienda la aplicación de diuron más surfactante, en postemer-

gencia, para malezas pequeñas en varios cultivos (algodón, caña de azúcar), en aplicaciones dirigidas evitando contacto con el follaje del cultivo. (Hay que tener en cuenta que el uso de surfactante aumenta la actividad, tanto en cultivos como en malezas).

4. Facilitar la translocación

Este efecto puede ser causado al cambiar la solubilidad del producto o bien, porque el surfactante afecta las membranas en tal forma que son más permeables para el herbicida y así éste se mueve más dentro de la planta.

5. Aumenta la permanencia

Muchos de los surfactantes tienen la propiedad de ser "pegantes" y hacen que el pesticida dure más tiempo en la superficie tratada, aunque llueva. Eso es importante en la aplicación de insecticidas de contacto.

6. Aumentar la solubilidad

En general, los herbicidas tienen baja solubilidad en agua, factor que influye sobre la penetración, puesto que solamente el ingrediente activo en solución puede penetrar la hoja. Los surfactantes que aumentan la solubilidad de los herbicidas en la solución producen más penetración y por lo tanto, estimulan una mayor actividad. Eso se puede apreciar en el Cuadro 11-1.

7. Ser fitotóxicos

Algunos surfactantes aumentan la acción herbicida por ser tóxicos por sí mismos, es decir, al aplicar el surfactante sólo también se observarían daños, aún ligeros.

8. Cambiar la solubilización de la cutícula del follaje

La cutícula contiene diferentes capas cerosas y el surfactante puede aumentar la acción herbicida al afectar estas capas, permitiendo que penetre más producto. Casi todos los surfactantes son lipofílicos, por lo menos, en una parte de la molécula; por esta característica, pueden modificar la cutícula al reaccionar con ella.

9. Estabilizar la formulación

Cuadro 11-1. Solubilidad de tres herbicidas con surfactante y sin él.

Herbicida	Solubilidad (ppm)	
	Con Surfactante (0.5%)	Sin Surfactante
linuron	527	128
diuron	158	42
bromacil	1130	600

Este puede ser el resultado de un cambio en el pH de la solución al agregar surfactante. También, es debido a la presencia de grupos lipofílicos e hidrofílicos en las moléculas, lo cual estabiliza la relación entre las moléculas del pesticida (por lo general, lipofílicas) con las del portador o vehículo, o sea, el agua (hidrofílica).

APLICACIONES PRACTICAS

Con base en las propiedades ya mencionadas de los surfactantes, se presentan ejemplos de su utilidad. Hay que destacar que para utilizar los herbicidas, solamente se recomienda el uso de surfactantes en algunas aplicaciones postemergentes. Nunca se les emplea en preemergencia pues ello no ofrece ninguna ventaja, como se dará cuenta el agrónomo al estudiar las propiedades de los herbicidas y surfactantes.

Casi siempre se recomienda el uso de un surfactante con los herbicidas paraquat, diquat, dalapón, propanil, diurón, atrazina, y bromacil en postemergencia. El MSMA, DSMA, glifosato, asulam, amitrol y bentazón, por lo general, contienen suficiente surfactante en su formulación comercial y no muestran mayor actividad al agregar surfactante adicional. Para los herbicidas hormonales se sugiere el uso de algún surfactante que aumente la penetración y reduzca la volatilidad de las formulaciones ésteres, en el caso de los potrereros, pero no en los cultivos de cereales, maíz y sorgo porque se puede reducir el grado de selectividad al agregar un surfactante.

Cuando parezca que va a llover en el transcurso de ocho horas después de una aplicación postemergente, se sugiere el uso de un surfactante con propiedades pegantes. Siempre se deben consultar las instrucciones impresas en la etiqueta para estar seguro de que no se reduzca la selectividad del herbicida al usar un surfactante.

Una pregunta frecuente es si se pueden usar jabones en vez de comprar un surfactante comercial. En realidad, el jabón reduce la tensión superficial pero carece de las otras propiedades que sólo los surfactantes poseen y por lo tanto, nunca es tan efectivo como un surfactante manufacturado comercialmente. Además, puede presentar problemas debido a la espuma, que se produzca en el tanque en la tubería de la aspersora.

La concentración del surfactante a usarse varía según el producto, pero la mayoría de estos productos se mezcla a razón de 0,5

por ciento, volumen por volumen. Es decir, si el volumen de agua por hectárea es 250 litros, se añadirían 1,25 litros de surfactante por hectárea (0,5 por ciento). Es interesante anotar que, con solamente el 0,1 por ciento, se obtiene el máximo efecto sobre el rompimiento de la tensión superficial pero se ha observado la máxima efectividad de los surfactantes con el 0,5 por ciento, mostrando que su modo de acción no reside solamente en la reducción de la tensión superficial. Los surfactantes se agregan al tanque de la aspersora al final, es decir, después de mezclar el agua y los pesticidas.

Recuerde: Los surfactantes también son productos tóxicos; por lo tanto, manéjelos con el mismo cuidado que cualquier pesticida!

XII. Problemas y cálculos

*Jerry Doll**

1. Vamos a suponer que usted es extensionista y llega a una finca momentos antes de que el agricultor comience a aplicar Cotoran. Al inspeccionar la aspersora descubre que hay cuatro boquillas de tamaño 8004 y cuatro más de tamaño 8002. No hay otras boquillas disponibles y el agricultor debe hacer la aplicación el mismo día. ¿Qué le aconsejaría usted?
2. ¿Cuál aspersora tiene mayor descarga por hectárea?
 - a) Una con presión de 40 lb/pulg², boquillas Tee-jet 8002 y velocidad de 6 kph.
 - b) Una con presión de 20 lb/pulg², boquillas Tee-jet 8004 y velocidad de 6 kph.
3. Se tiene Lazo granulado que contiene 10 por ciento de ingrediente activo. Se quiere aplicar 2 kgia/ha. ¿Cuántos kilogramos de Lazo granulado se deben aplicar por hectárea?
4. Usted tiene una aspersora calibrada para aplicar 250 litros de agua por hectárea. Está aplicando Karmex a 2 kgpc/ha y necesita llenar el tanque que tiene 400 litros de capacidad. El tanque ya contiene 45 litros de solución, más Karmex. ¿Cuántos gramos de herbicida debe añadir?
5. Al calibrar su aspersora, usted descubre que hay una descarga de 600 litros/ha a una velocidad de 6 kph y una presión de 40 lb/pulg². ¿Qué se debe hacer para reducir la descarga?
 - a) —500 litros/ha.
 - b) —250 litros/ha.
6. Un agricultor viene a su oficina con una muestra de una maleza nueva que él encontró en su región. El dice que hay bastantes plantas de esa especie en su campo de cebada y quisiera controlarla pronto. ¿Qué le preguntaría al agricultor y qué le recomendaría usted?

* Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia

7. Usted tiene un campo de 12 hectáreas de yuca y piensa aplicar una mezcla de Lazo más Karmex (1.5+ 1.0 kgia/ha). Tiene una aspersora con un tanque de 300 litros de capacidad. La aspersora está calibrada para descargar 240 l/ha.
 - a) —¿Cuántos galones de Lazo y cuántos kilos de Karmex tiene que comprar? (Lazo contiene 4 lb/gal de ingrediente activo y Karmex es del 80 por ciento).
 - b) —¿Cuántos litros de Lazo y cuántos kilos de Karmex tiene que añadir al llenar el tanque?
 - c) —¿Cuántas cargas habrá en total?
 - d) —¿Cuántos litros de agua y Lazo y cuántos kilos de Karmex se necesitan para la última carga?
8. Usted tiene un campo de 24 hectáreas de yuca y quiere aplicar Karmex en bandas de 30 cm sobre surcos de 1 m. La dosis que va a usar es 2 kgia/ha. ¿Cuántos kilos del producto comercial tiene que comprar?
9. Usted es extensionista y un yuquero viene a su oficina a consultarle lo siguiente: piensa sembrar 5 ha de yuca y las malezas principales son *Amaranthus dubius* (bledo), *Euphorbia hirta* (leche leche), *Digitaria sanguinalis* (guarda rocío), *Cassia tora* (bicho) y *Eleusine indica* (pata de gallina). Además, 2 ha están infestadas de *Cyperus rotundus* (coquito). ¿Cuál programa de control de malezas le recomendaría?
10. Se debe hacer una aplicación dirigida de Gramoxone al 0,5 por ciento (v/v) en un lote de yuca de 80 días para combatir una invasión de gramíneas, en las partes bajas del lote. La aspersora disponible es una de espalda de 16 litros de capacidad.
 - a) —¿Cuántos centímetros cúbicos de Gramoxone se deben agregar al tanque?
 - b) —¿Cuáles precauciones se deben tener en cuenta al usar Gramoxone?
 - c) —¿Recomendaría el uso de un surfactante? En caso de ser positiva su respuesta, ¿por qué y en cuál concentración?

XIII. Precauciones en el uso de herbicidas

*Jerry Doll**

El adelanto tecnológico que se ha logrado en la producción agropecuaria, en general, ha proporcionado un aumento en el uso de los herbicidas. Para evitar el mal uso que se puedan dar a los herbicidas, es necesario tener en cuenta algunas normas que dictan el empleo correcto de éstos.

Al no usar los herbicidas apropiadamente, se puede perjudicar a los seres humanos, animales domésticos, insectos benéficos a la agricultura, peces, plantas deseables o cultivos deseables y contaminar depósitos o corrientes de agua.

Todos estos daños se pueden evitar observando las recomendaciones y precauciones anotadas en las etiquetas del producto. Los accidentes son ocasionados principalmente por descuidos o ignorancia de los usuarios.

Recuerde siempre: Todo herbicida debe ser tratado como producto tóxico y venenoso. Si tiene que trabajar con herbicidas, observe las siguientes reglas:

1. Tenga absoluta certeza sobre el producto que debe comprar y de las cantidades necesarias del mismo.
2. Al comprar varios envases de un herbicida lea con cuidado y detenimiento las instrucciones impresas en las etiquetas de cada envase o tanque para cerciorarse de que todos contienen el mismo producto.
3. Lea con cuidado todas las instrucciones de la etiqueta y esté seguro de que las comprenda bien. Si tiene alguna duda, pregunte al ingeniero agrónomo especializado empleado por la casa distribuidora, al extensionista o a su asesor técnico particular.
4. Lea detenidamente la sección de precauciones o peligros; conozca cuáles son los antidotos que debe utilizar en casos de intoxicación y consígalos con tiempo para tenerlos a la mano

* Especialista en Control de Malezas, CIAT, Cali, Colombia.

en caso necesario o esté seguro del sitio en el cual los podrá obtener rápidamente.

5. Tenga a mano el número del teléfono y dirección de un médico competente para casos de intoxicación, como también el número telefónico de un hospital cercano para casos de emergencia. Estas precauciones no son exageradas. Es posible que se presenten accidentes en el trabajo de aplicación de herbicidas que requieran atención médica inmediata.
6. Nunca almacene herbicidas con otros insumos agrícolas, semillas, fertilizantes, alimentos o bebidas. Almacénelos bajo llave, fuera del alcance de niños y animales; si el producto, es inflamable almacénelo en lugar aislado.
7. Nunca almacene herbicidas en envases o empaques que no sean los originales, tales como botellas de gaseosas, leche y costales que se puedan confundir con alimentos o bebidas. Consérvelos siempre en su envase o empaque original con la etiqueta intacta y legible, bien tapados o cerrados. Sea precavido con el almacenamiento de estos productos. No se confíe!
8. Al transportar herbicidas, escriba claramente y en lugar visible del empaque del cargamento la palabra **VENENO**; informe al personal encargado del transporte y exija que el herbicida no se localice en el camión junto a animales, productos de consumo humano o animal.
9. En caso de que se derrame el producto, limpie enseguida el material regado en el suelo con cuidado. Si es líquido, utilice un material absorbente (paño) y luego, quémelo. Si es polvo, evite aspirarlo.
10. Recuerde: antes de iniciar el uso del herbicida aclare toda duda que tenga con relación al mismo. Es mejor prevenir que curar!

Precauciones durante el empleo de herbicidas

Durante el período en el cual se están utilizando los herbicidas, se está en contacto directo con el producto; para evitar accidentes, debemos observar las siguientes reglas:

1. **Lea la etiqueta y entienda su contenido antes de abrir el empaque.** Esto deberá hacerlo, aún cuando lo haya hecho al comprar el producto. Si otras personas van a trabajar con el herbicida explíqueles las precauciones a tomar. Cualquier duda consúltela.
2. **Nunca coma, tome líquidos o fume durante el manejo de herbicidas.** Por lo general, estos productos son peligrosos al ingerirlos o aspirarlos, pero también pueden actuar por contacto; entonces, **evite todo contacto con su cuerpo, sobre todo si**

se dispone del producto en forma concentrada. Lávese con abundante agua y jabón; si el producto le causa irritación, consulte con un médico lo antes posible.

3. Al preparar la mezcla para aspersión, hágalo en un sitio ventilado y evite aspirar vapores o polvo. Durante la aplicación también evite aspirar los vapores o el polvo.
4. Si las instrucciones recomiendan el uso de máscaras, guantes, etc., para su protección, cumpla la recomendación al pie de la letra y durante la aplicación siempre use una camisa de manga larga.
5. Al preparar la mezcla y al aplicarla evite la contaminación de aguas que puedan ser utilizadas en el consumo humano o animal; además, al contaminarlas eliminaríamos los peces presentes, los cuales, generalmente, toleran muy bajas cantidades de pesticidas.
6. Nunca sople o succione con la boca mangueras, aguilones, boquillas, pipetas, etc. Utilice guantes para limpiar y destapar partes de la aspersora.
7. Si durante el empleo (mezcla o aspersión) del herbicida, una persona presenta síntomas de jaqueca, mareo u otro malestar, aléjela del sitio de operación; póngala en reposo y llame o llévela al consultorio médico.
8. Si el herbicida (concentrado o diluido) moja su ropa, quítese-la y luego báñese. Lave la ropa con bastante jabón. Al extraer la cantidad necesaria de herbicida de un envase o empaque, séllelo para evitar derramamientos posteriores.
9. Al término de una aplicación, báñese y cámbiese de ropa. Recuerde que los zapatos pueden estar contaminados.
10. Al finalizar la aplicación, lave y limpie todo el equipo con detenimiento, evitando su contaminación y la de aguas adyacentes.
11. Destruya los envases vacíos. Quémelos o entiérrelos. Si los quema, no aspire el humo; si los entierra, hágalo en un sitio distante y profundamente. Perfore o destruya todos los envases o empaques evitando así usos posteriores. No venda esos envases ni los obsequie.

SINTOMAS GENERALES DE INTOXICACION POR PESTICIDAS

Mareo, fiebre, contracciones musculares continuas y debilitamiento; si estas contracciones son muy violentas se presentan, por lo tanto, convulsiones sin control. Las pupilas de los ojos se achican (miosis); excesos de agua en los ojos (lagrimation); salivación o humedecimiento incontrolable de la boca; vértigo; excesiva trans-

piración; aceleración del corazón (taquicardia); vómito; calambres estomacales; diarreas; respiración difícil (disnea), pérdida de la habilidad para usar los músculos e intestinos; inconciencia (coma). Los últimos cuatro síntomas son típicos de casos severos.

Con productos mercuriales, se presenta ampollamientos de la piel; otros productos producen sensibilidad nasal, hemorragias y falta de coagulación de la sangre. El bromuro de metilo causa "Neumonía química retardada" la cual produce agua en los pulmones.

PRIMEROS AUXILIOS GENERALES

1. Proporcione al paciente respiración artificial boca a boca, si esta función se ha detenido o se nota dificultosa.
2. Detenga la exposición al veneno, o sea, aleje al paciente de la fuente de peligro; si la piel está afectada, lávela y límpiela incluyendo uñas y cabello; si se atraganta, induzca al vómito.
3. Recoja una muestra del producto que ha quedado; consiga una etiqueta del envase que contenía el producto que intoxicó al paciente. Si no aparece una etiqueta al menos, obtenga el producto para que se lo muestre al médico. Si el veneno es desconocido, tome una muestra del vómito para hacer análisis de laboratorio.

ANTIDOTOS

Un antídoto es un elemento usado para contrarrestar los efectos de un veneno, o reducir o disminuir la intensidad del envenenamiento. En cierta forma, el uso de ropas protectoras, aparatos de seguridad y conocimiento de primeros auxilios son antídotos o al menos, preventivos.

Muchas personas piensan que antídotos son exclusivamente compuestos químicos especiales que se adquieren en farmacias y/o prescritos por un médico. Los antídotos son de uso externo y de uso interno:

De uso externo: agua, jabón y agua, guantes, máscara, etc.

De uso interno: agua; agua con sal; leche, leche de magnesia; el antídoto universal: dos partes de carbón vegetal activo, una de óxido de magnesio y una de ácido tánico, en medio vaso de

agua caliente; el antídoto casero universal (una cucharada de pan tostado, dos de té fuerte, dos de leche de magnesia); carbón vegetal activo; jarabe de ipecacuana (sólo si lo recomienda un médico); los productos denominados atropina y 2-PAM (solamente se deben usar si los recomienda el médico, pues son muy peligrosos).

La atropina y el 2-Pam, no los deben llevar los trabajadores para primeros auxilios; las dosis son muy pequeñas y se requieren otros cuidados. Si ya ha administrado uno de estos dos antídotos, debe comunicárselo al médico.

ALGUNAS REFERENCIAS UTILES SOBRE CONTROL DE MALEZAS

- ANDERSON, W. P. 1977. Weed Science: Principles. West. pub. Co. New York. 598 p.
- ASHTON, F. M. and A. S. Crafts. 1973. Mode of Action of Herbicides. John Wiley & Sons. New York. 504 p.
- AUDUS, L. J. 1964. The Physiology and Biochemistry of Herbicides. Academic Press. New York. 555 p.
- BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL. Weed Control Handbook. Vol. I. Principles. Vol. II. Recommendations. Blackwell Sci. Pub. Oxford. Vol. I. 484 p., Vol. II. 325 p.
- KASSASIAN, L. 1971. Weed control in the tropics. Leonard Hill London. 307 p.
- KEARNEY, P. C. and D. D. Kaufman, 1969. Degradation of Herbicides. Marcel Dekker, Inc. New York, 394 p.
- KING, L. J. 1966. Weeds of the World: Biology and Control. Interscience Pub. Inc., New York. 526 p.
- KLINGMAN, G. C. and F. M. ASHTON. 1975 Weed Science: Principles and Practices. John Wiley & Sons, New York. 431 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. 1968. Principles of Plant and Animal Pest Control. Vol. II. Weed Control. Nat. Academy of Sciences., Washington, D.C. 471 p.
- SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. 1972 Research Methods in Weed Science. SWSS, Athens, Georgia. 198 p.
- TEMAS DE ORIENTACION AGROPECUARIA. 1973. Control de Malezas en Colombia. T. O. A. Nos. 84 y 85. 240 p.
- WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 1974. Herbicide Handbook. WSSA, Champaign, III. 430 p.