

 CIAT

66952

COLECCION HISTORICA

PRINCIPIOS DE SELECTIVIDAD DE LOS
HERBICIDAS

Por: Juan Cárdenas (1)
Frank S. Davis (2) y
Jerry Doll (3).

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 trialate 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 de 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 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 (kg ia/ha) en postemergencia 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 herbicidas selectivos como aquellos que a ciertas dosis y bajo ciertas condiciones afectan el crecimiento de algunas plantas y no de otras.

(1) IPPC, Oregon State University /AID, Colombia

(2) Nebraska Mission /ICA /AID, Colombia

(3) CIAT, Colombia



BIBLIOTECA

119527

16 MAYO 1995

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.

De acuerdo a 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 rata de penetración del herbicida por medio de aditivos como surfactantes o aceites. De la planta depende 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 procesos vitales.

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

Conociendo estos obstáculos 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.

I FACTORES FISICOS Y MECANICOS : Se denominan así porque la selectividad se puede controlar manipulando el herbicida o el modo de su aplicación. Para poder manipular estos factores se requieren conocimientos del cultivo, de las malezas, del suelo y del herbicida. Además, se requieren implementos adecuados para su aplicación. Selectividad física o mecánica se obtiene 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 a 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 2).

Obstáculos del follaje

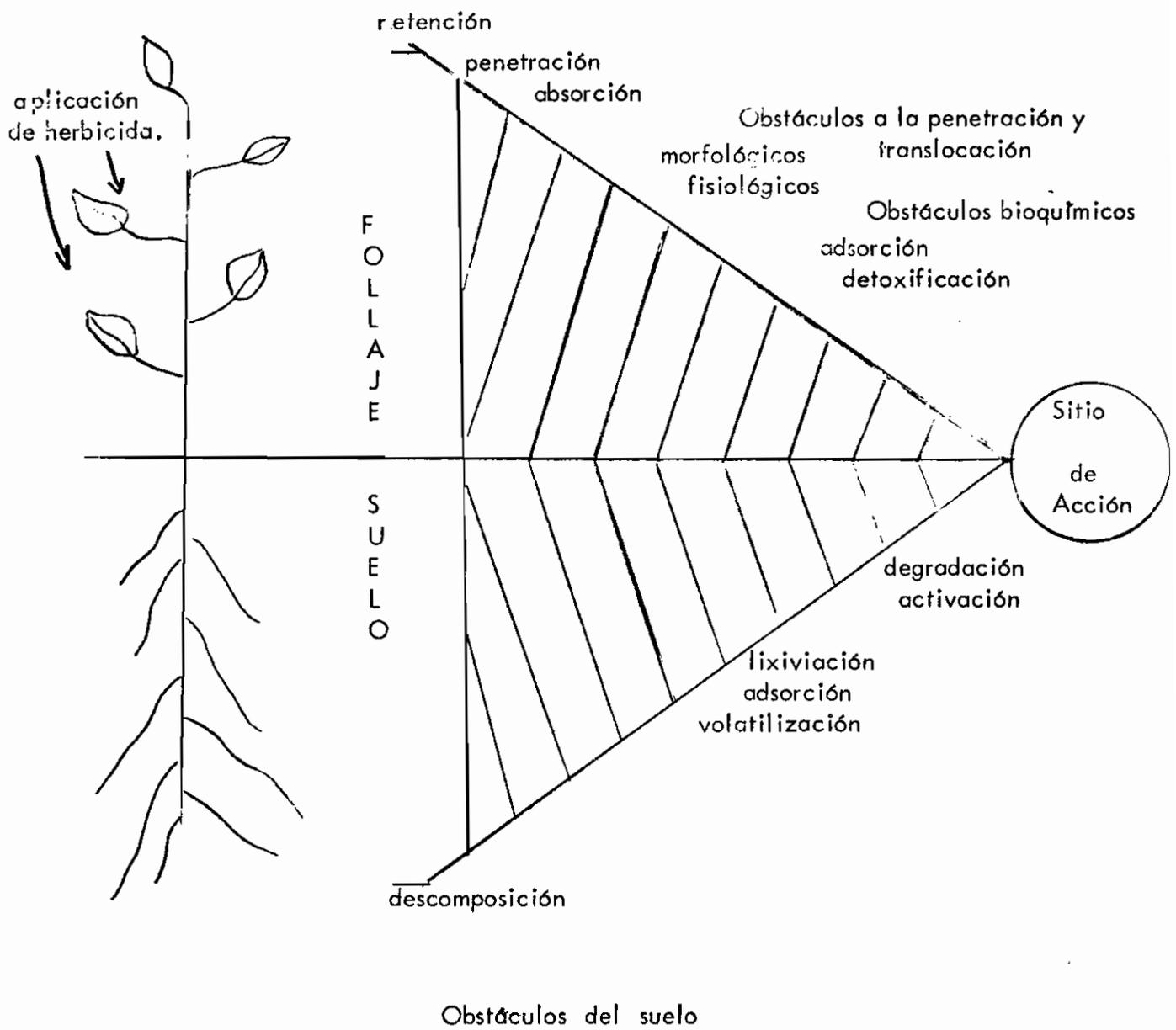


FIGURA 1.

Obstáculos que determinan la concentración del herbicida que llegará al sitio de acción (Shaw, W. C., et al. 1960 The Nature and Fate of Chemicals Applied to Soils, Plants and Animals Herbicides in Plants, USDA-ARS 20 - 2: 119-133)

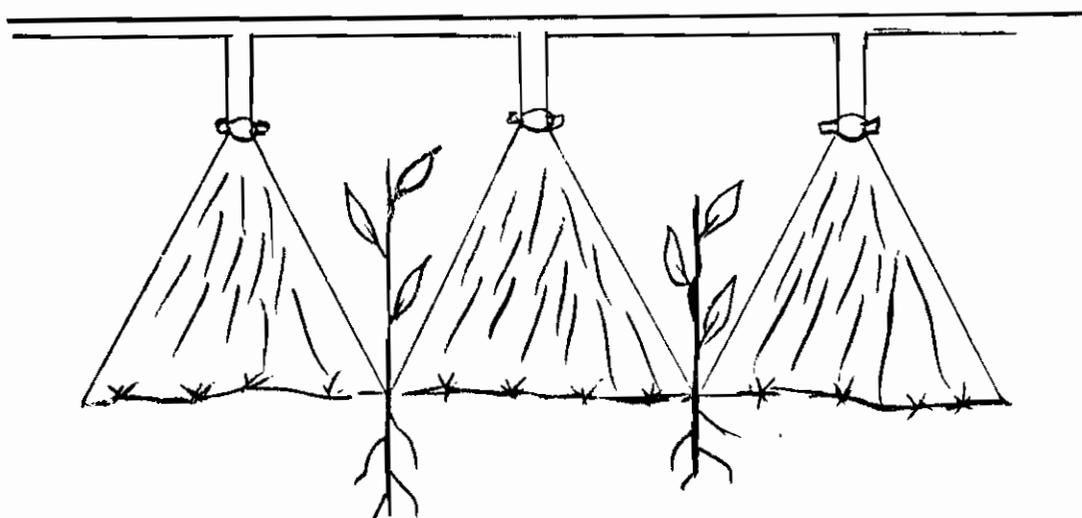


FIGURA 2. Aplicación dirigida hacia las malezas para evitar contacto con el cultivo.

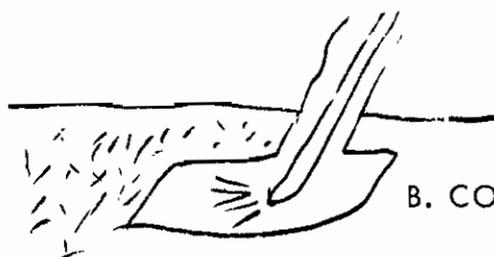
Por ejemplo, la aplicación postemergente de no más MSMA* para el control de malezas en algodón debe hacerse en forma dirigida ya que si la solución herbicida entra en contacto con el cultivo éste puede ser afectado severamente

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. INCORPORACION Y COLOCACION 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 este en contacto íntimo con las malezas y no con el cultivo (Figura 3).



FIGURA 3. A. INCORPORACION



B. COLOCACION

* Herban-M

4. EPOCA DE APLICACION. Selectividad se obtiene cuando se considera el estado de crecimiento en el cual un herbicida no es tóxico hacia 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, entre 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.

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

En aplicaciones preemergentes al cultivo y postemergentes a las malezas se pueden utilizar herbicidas no selectivos de contacto como el paraquat. Este tipo de aplicaciones es factible donde 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.

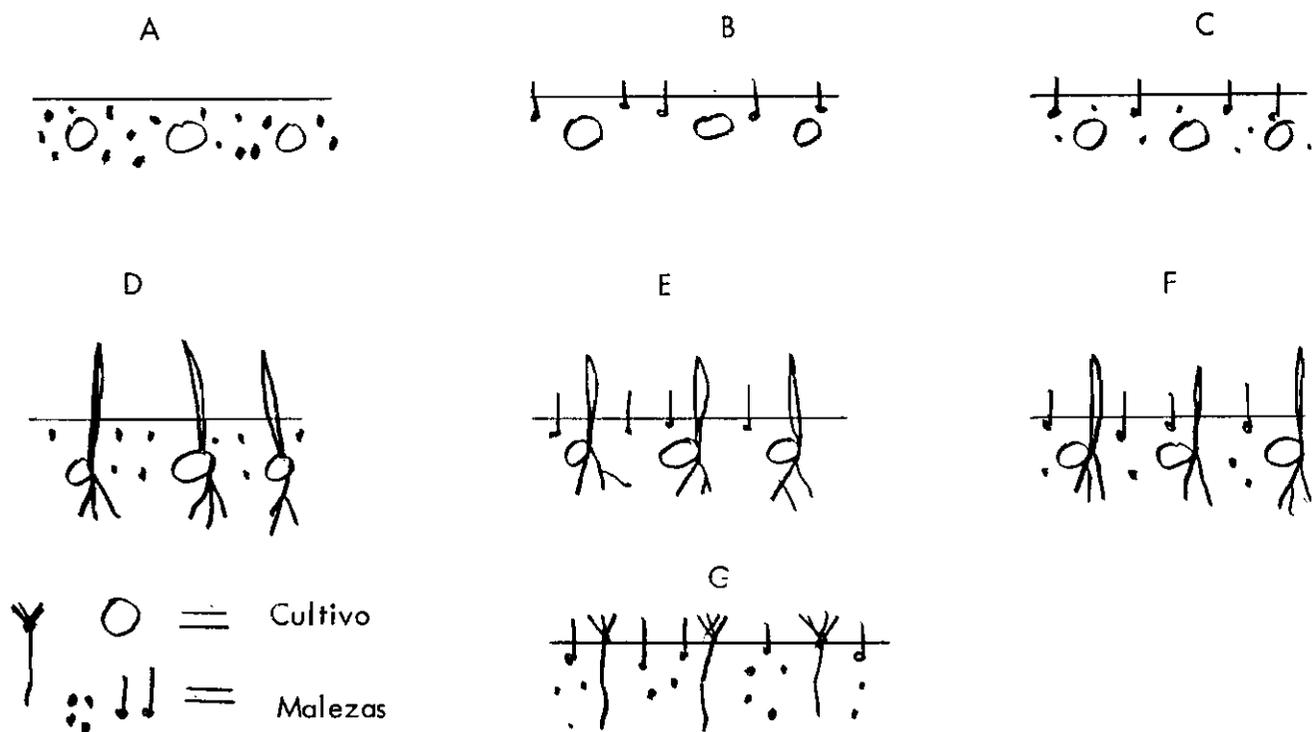
Las aplicaciones basadas en épocas de aplicación se presentan en el Cuadro 1.

Aplicaciones preemergentes al cultivo y preemergentes o postemergentes a las malezas pueden realizarse con herbicidas que actúan en pre y postemergencia. Tal es el caso del DNBP en trigo, el cual ejerce un efecto preemergente y postemergente a las malezas. En papa, el linurón o DNBP pueden aplicarse preemergente al cultivo y pre o postemergente a las malezas. En donde se realiza un aporque tardío es posible hacer aplicaciones preemergentes (al cultivo) 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.

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 (amiben en soya).

CUADRO 1. Selectividad basada en época de aplicación.

	CULTIVO	MALEZAS	EJEMPLO
A.	PRE	PRE	alaclor en algodón
B.	PRE	POST	paraquat en arroz
C.	PRE	PRE-POST	DNBP en trigo
D.	POST	PRE	DCPA en tomate transplantado
E.	POST	POST	2, 4-D en maíz; propanil en arroz
F.	POST	PRE-POST	atrazina + aceite en maíz
G.	Latencia	PRE-POST	simazina en alfalfa



Aplicaciones postemergentes al cultivo y a las malezas pueden ser dirigidas como es el caso de diurón más surfactante y el de norea + MSMA en algodón, o más comúnmente son 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.

Aplicaciones durante la latencia de un cultivo son selectivas debido a que el efecto de algunos herbicidas ocurre principalmente cuando estos se encuentran en períodos 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 exhibe períodos de latencia durante épocas de sequía, de temperaturas bajas o en épocas post-corte. En este período de latencia es posible utilizar herbicidas como la simazina, la cual es tóxica a la alfalfa cuando está en período de crecimiento activo.

5. FORMULACION DEL HERBICIDA. Formulación del herbicida es la manera en que el ingrediente activo viene preparado en forma comercial. Los herbicidas pueden ser formulados como soluciones, emulsiones, 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 aminos o como ésteres concentrados. La manera como los herbicidas están formulados afecta su grado de actividad y como consecuencia también su grado de selectividad.

Un caso 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, herbicidas formulados como ésteres penetran más rápido en órganos aéreos, los cuales tienen cutícula y capas cerosas, que las formulaciones aminos.

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, llegando 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 presembrado e incorporados o colocados en el suelo es afectada por las características físicas y químicas del suelo. Una de las características más importantes de suelos con relación a la selectividad de herbicidas es su capacidad de adsorción. La capacidad de adsorción del suelo afecta 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.

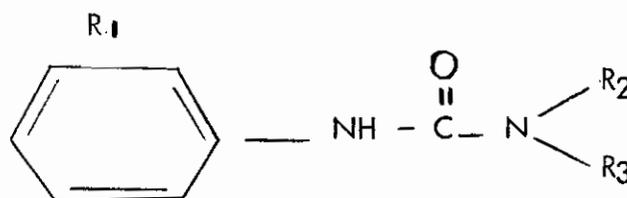
Entre mayor sea la capacidad de adsorción del suelo mayor será la dosis de herbicida requerida y menor el riesgo de daño a la semilla del cultivo. Esta capacidad depende de la textura y el contenido de la materia orgánica del suelo. Suelos arcillosos (suelos pesados) y de alto contenido de materia orgánica 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 para evitar daño al cultivo.

Las propiedades físico-químicas del herbicida influyen en la susceptibilidad de adsorción de los herbicidas. En general, entre más solubles sean los herbicidas menor será la adsorción en el suelo (Tabla 1).

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

TABLA 1. Solubilidad y adsorción al suelo de ureas sustituidas.

BASE COMUN:



UREA	R ₁ *	R ₂	R ₃	Solubilidad en agua PPM a 25 C	Adsorción en suelo Franco Limoso - PPM
FENURON	—	-CH ₃	-CH ₃	3850	0.3
MONURON	4(-Cl)	-CH ₃	-CH ₃	230	2.6
LINURON	3,4(-Cl)	-OCH ₃	-CH ₃	75	-
DIURON	-3,4(-Cl)	-CH ₃	-CH ₃	42	5.2
NEBURON	3,4(-Cl)	-CH ₃	C ₄ H ₉	5	16.0

* Sustituciones en el anillo

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.

II FACTORES AMBIENTALES Y SU EFECTO SOBRE SELECTIVIDAD DE HERBICIDAS.
 Las condiciones ambientales son de mucha importancia en la 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 a su efecto sobre la morfología y fisiología de la planta.

1. EFEECTO 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. Herbicidas de alta volatilidad aplicados en cultivos en forma dirigida pueden causarle daños a temperaturas elevadas. Es el caso de formulaciones de 2, 4-D ester que pueden causarle más daño a cultivos de trigo o maíz que las aplicaciones de 2, 4-D amina cuando hay temperaturas elevadas durante y después de la aplicación. Esto se debe a la mayor actividad de la formulación ester a temperaturas elevadas y a una rata 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 están 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 durante ventarrones. En trigo el efecto se manifiesta como "aplastamiento" cuando la aplicación se hace antes del macollamiento del cultivo y cuando se realiza después de 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. Un ejemplo del efecto de 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, Colombia) pierde toda su selectividad llegando a causar del 80 a 100% de mortalidad del trigo. Por otra parte, también puede ocurrir pérdida de selectividad con temperaturas muy bajas. Como 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.

2. EFFECTO DE AGUA DISPONIBLE Y HUMEDAD RELATIVA. El agua influye en el grado de selectividad de un herbicida de diversas maneras. 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 rata de crecimiento de plantas y en la dureza fisiológica de ellas. Bajo condiciones óptimas de agua disponible y otros factores de crecimiento presentes, la rata 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 daño leve. Si el cultivo sufre de marchitamiento durante y después de la aplicación de los herbicidas el cultivo no estará en condiciones de recuperarse normalmente. Si el otro extremo ocurre, demasiada agua (suelos supersaturados), las raíces del cultivo sufren debido a la falta de oxígeno. Bajo estas condiciones el cultivo no puede recuperarse debidamente después de la aplicación de estos herbicidas.

III FACTORES MORFOLOGICOS Y ANATOMICOS

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, postrada, etc.), la posición de las hojas y el área foliar influyen en la cantidad de herbicida interceptado y retenido durante aspersion o postemergencia.

Plantas postradas con hojas anchas en posición horizontal y con un área foliar abundante (ejemplo: batatilla, *Ipomea* 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. Entre 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 planta.

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 incluyen 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. Plantas dicotiledóneas contienen un meristema continuo lateral a lo largo del tallo (cambium), como estos meristemas son zonas activas de crecimiento, éstas 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 es 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. En maíz el 2, 4-D afecta los nudos y estos impiden el paso del herbicida hacia los ápices.

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 leñosas, por ejemplo, la rata de absorción del 2, 4, 5-T por las hojas está directamente relacionada con su susceptibilidad al herbicida (Davis F. S., R. W. Brouj, and M. G. Merble, 1967, Foliar Uptake of herbicides in woody plants - Effect of light, concentración, and species, Forest Science 14: 164-169).

Cuando la penetración es por las raíces, las formulaciones aminas y sales penetran más fácilmente que las formulaciones éster. Esto se debe a que la cutícula y las capas cerosas tienen propiedades lipoides y las formulaciones ésteres son lipofílicas y las formulaciones sales y aminas son hidrofílicas.

En la cebolla el desarrollo de una capa cerosa excesiva permite el uso de una solución herbicida de ácido sulfúrico. Esta solución, al 10%, 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, plantas con raíces profundas toleran un mayor número de herbicidas aplicados al suelo. Este tipo de selectividad depende de la solubilidad del herbicida, su adsorbabilidad, 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 movilizarse por ambos sistemas vasculares. En el caso de 2, 4-D, se moviliza libremente en el floema pero su movilización por el xilema es bastante limitada. Otros como las úreas sustituidas (Ej: diuron) son movilizadas predominantemente por el xilema.

IV SELECTIVIDAD FISIOLÓGICA

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.

Surfactantes son aditivos con propiedades detergentes y emulsificantes. 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 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 su poder lipofílico a través de la capa cerosa y a través de la porción lipofílica de la cutícula y ejerciendo 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 selectividad como en el caso de MSMA en trigo. De aquí la importancia de NO 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, el surfactante puede emplearse.

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-diclorofenoxibutírico (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 (Figura 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.

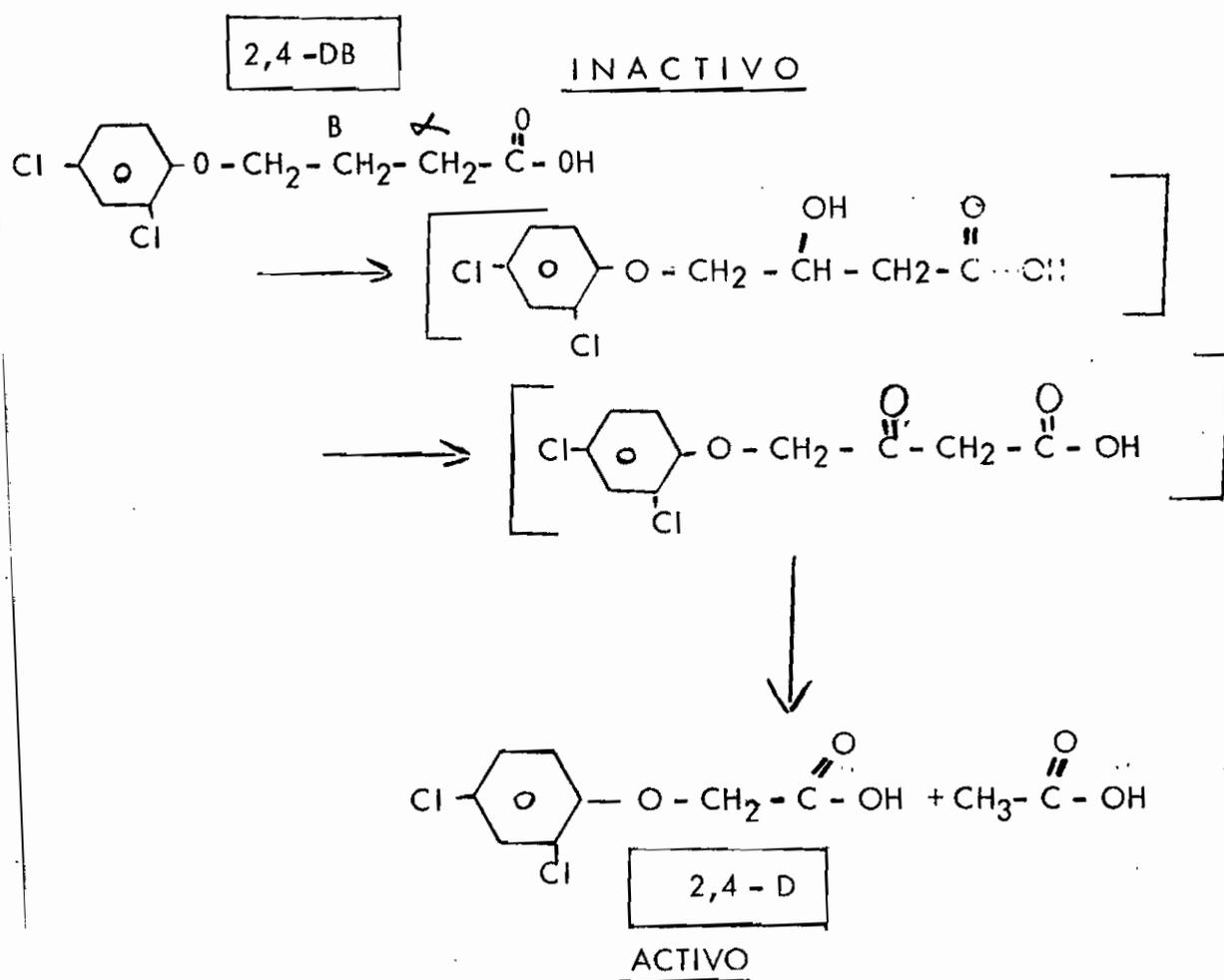


FIGURA 5. Transformación del 2,4-DB a 2,4-D por el proceso de oxidación beta.

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

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-diclorofenoxietilosulfato (2,4-DES) no dañan al cultivo de maíz, aún cuando el producto entra en contacto con el follaje mismo. Sin embargo, este producto es transformado por procesos químicos a una forma activa preemergente (Figura 6).

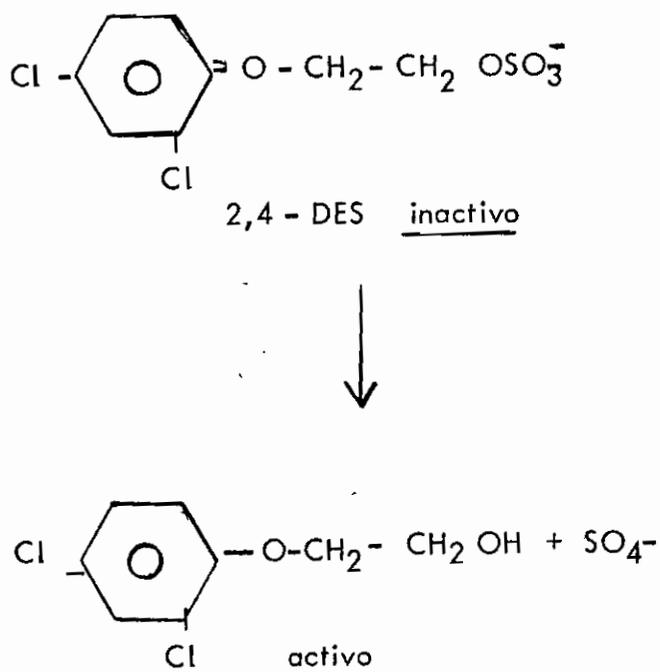


FIGURA 6. Activación de 2,4-DES

DETOXIFICACION 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).

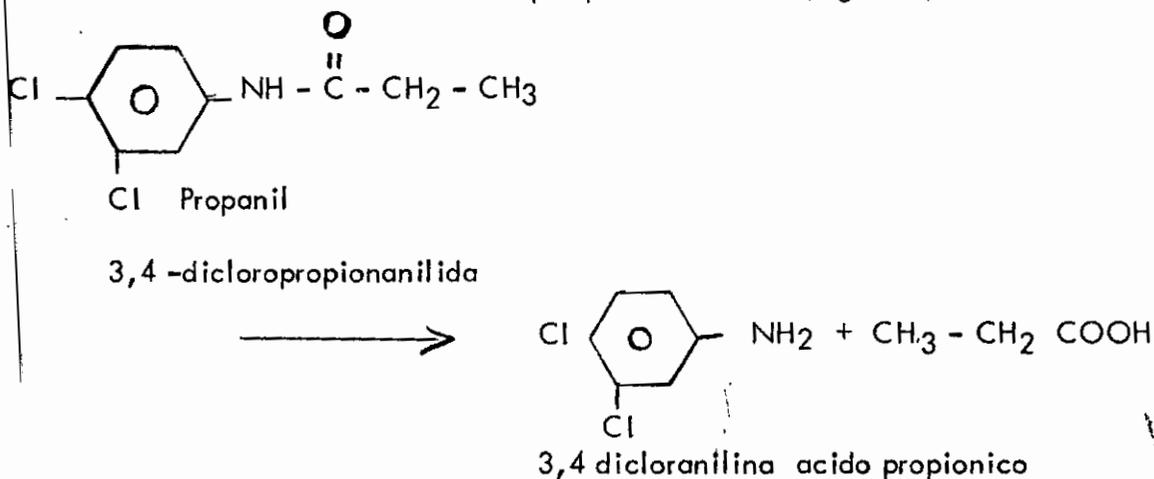


FIGURA 7. Detoxificación del propanil en arroz.

Malezas susceptibles a este herbicida (Ej. Echinochloa colonum) carecen de este proceso enzimático y son afectadas por el herbicida.

La selectividad del propanil hacia el arroz puede ser alterada por insecticidas orgánicos fosforados y por insecticidas carbamatos. 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.

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

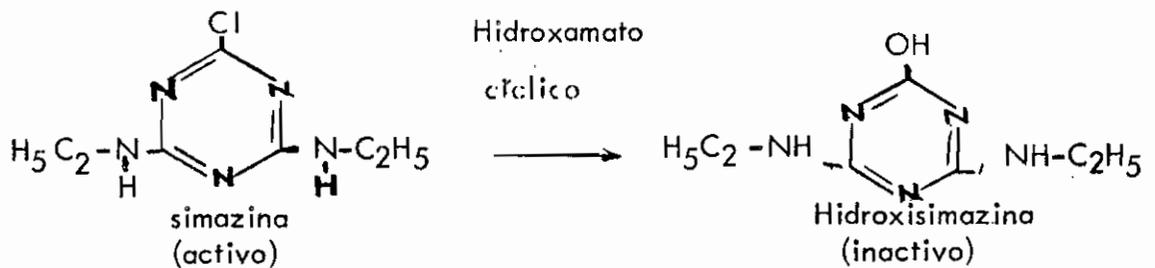


FIGURA 8. Detoxificación de simazina en maíz.

La producción de la enzima responsable de la detoxificación de las triazinas en maíz está controlada genéticamente por un gene dominante. Cuando el gene recesivo se manifiesta, como ocurre en ciertas variedades de maíz, el cultivo pierde 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 lo 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 obtiene a 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 y conociendo bien dichos factores, las propiedades del herbicida y las características del cultivo los herbicidas pueden ser usados con seguridad y con éxito.