

El uso de Adyuvantes en el Control Químico de Malezas en la Caña de Azúcar

Ing. Agr. Roberto Alfaro P. *
DIECA



Adyuvantes

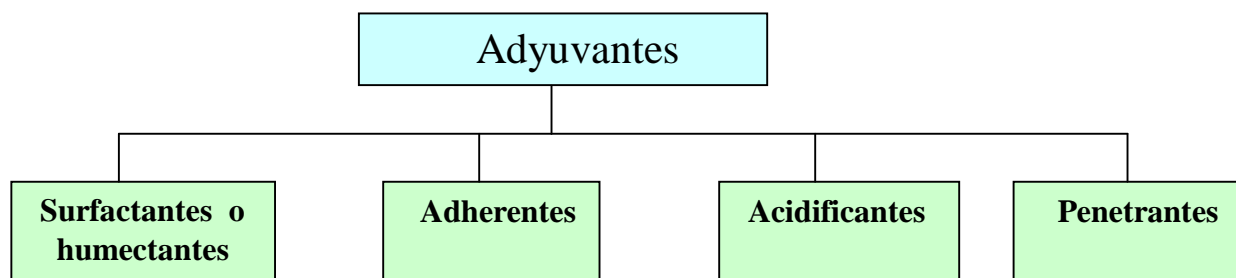
Los adyuvantes son sustancias químicas que se adicionan a un herbicida o mezclas de estos para aumentar su efectividad, especialmente en condiciones climáticas adversas.

Existen en el mercado una amplia variedad de productos comerciales de distinta composición química y diversos mecanismos de acción, capaces de realizar múltiples funciones, al punto que algunos pueden alterar el comportamiento típico y esperado de un herbicida. Por tal motivo es importante tener muy claro la función del adyuvante y el herbicida que se va a aplicar para seleccionar el mas apropiado, por ejemplo un herbicida post emergente requiere para su buen accionar quedar retenido sobre las hojas de la maleza para luego ser absorbido y en esto el adyuvante va a ser vital, pero en el caso de un herbicida pre emergente los adyuvantes no son importantes salvo aquellos que son protectores o llamados encapsuladores que proporcionan una lenta liberación de este.

A pesar del gran desarrollo alcanzado en este campo y la gran disponibilidad de productos, el conocimiento sobre su uso apropiado es escaso, lo que ha dificultado en muchos casos obtener de ellos su mayor beneficio. Por ejemplo en el pasado se manifestó que los herbicidas no requerían adyuvantes, en virtud que en su fabricación se le incorporaban estos, en realidad si bien es esto cierto los adyuvantes incorporados en la formulación de los herbicidas cumplen otras funciones importantes, como permitir una mayor solubilidad, homogenización y estabilidad del producto.

Los adyuvantes agregados a la disolución de los herbicidas con el agua vienen a fortalecer la solubilidad de los mismos, la compatibilidad y sobre todo la dispersión y penetración en las plantas asperjadas venciendo barreras químicas, físicas y ambientales.

Los adyuvantes se pueden clasificar de acuerdo al siguiente esquema en surfactantes o humectantes, en adherentes, acidificantes y penetrantes.



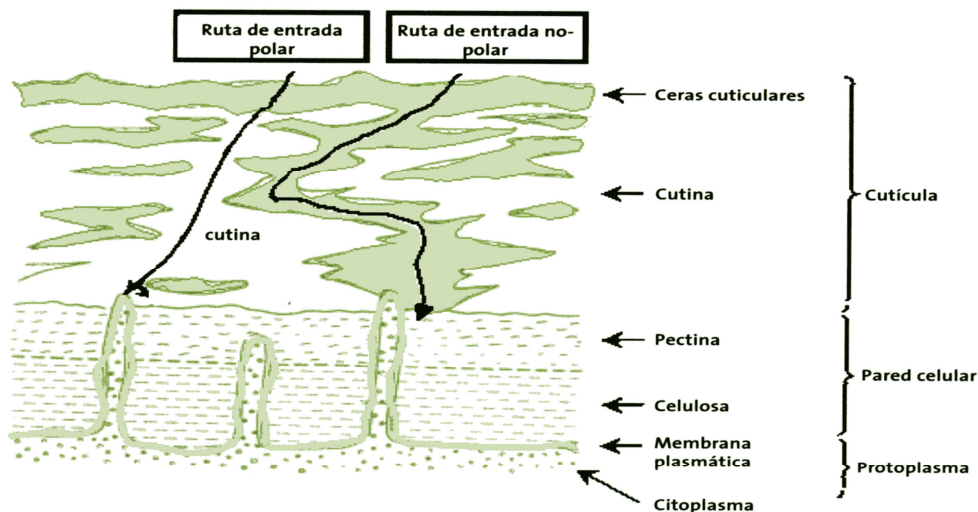
** Ing. Agr. Roberto Alfaro Portuquez. Programa Agronomía.
Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar Dieca.
Teléfono: 24-94-1129/24-94-7555 e-mail: ralfaro @laica.co.cr*

Es común encontrar en el mercado productos que reúnan o agrupen entre sus cualidades propiedades como ser surfactantes y penetrantes a la vez o ser surfactantes y acidificantes, sin embargo hay dos cualidades que son incompatibles entre si, ya que se contraponen a un mismo interés como son ser penetrante y adherente a la vez porque para cumplir con estas funciones deben tener dos ingredientes activos diferentes y contrastantes.

ADSORCION Y TRANSPORTE DEL HERBICIDA

Un herbicida al ser depositado sobre el follaje de las plantas teóricamente cuenta con dos vías de penetración, una de carácter hidrofílico o polar (Xilema) y constituida por estructuras también de carácter hidrofílico, entre las que se encuentran los grupos polares de la Cutina, la Pectina, la Pared Celular, parte del Plasmalema y los Plasmodesmos. La otra vía es la vía lipofílica o apolar denominada sistema simplástico (Floema) por la cual se conducen los herbicidas no polares o lipofílicos, esta vía se compone principalmente por estructuras, como las ceras de la Cutícula, los grupos no polares de la Cutina, y parte del Plasmalema y los Plasmodesmos. (Papa y Leguisamon 2004, citado por Lallana et al 2006).

Ambas vías de penetración y conducción y de naturaleza opuesta como se indica se encuentran dispersas por toda la planta desde la raíz hasta las hojas. Para una mayor comprensión es importante indicar que los herbicidas que penetran por la raíz de la planta junto al agua y nutrientes se desplaza por la vía del Xilema y aquellos que penetran por el follaje se desplazan por el Floema conjuntamente con los azúcares producidos en las hojas producto del proceso de la fotosíntesis.



Adaptado de Klingman y Ashton, 1982

Figura 1 Esquema de la Estructura de la Cutícula y Rutas Hipotéticas de Absorción de los Herbicidas.

Una vez aplicado un herbicida al follaje debe penetrar la cutícula y entrar en contacto con la célula, debido a que en ella se encuentran los sitios de acción donde los herbicidas deben actuar.

Aquellos herbicidas aplicados al suelo y que penetran por la raíz para moverse por el Xilema deben en algún punto entrar al sistema de células vivas (Floema) para llegar a los sitios de acción dentro de las células. Una vez en la célula, debe penetrar la pared celular la cual es de carácter hidrofílico y luego traspasar el citoplasma de la célula el cual es de carácter lipofílico creando con esto todo un impedimento físico-químico de gran magnitud para lograr que cualquier herbicida independientemente de su solubilidad logre alcanzar su punto de acción.

Por su parte la cutícula, cuyo principal constituyente es la Cutina, se convierte en otra gran barrera que impide el contacto inicial de la molécula del herbicida con las células de la epidermis de la hojas, ya que se encuentra constituida de una capa cerosa de carácter lipofílico cuya función es evitar la pérdida de agua en condiciones de desequilibrio hídrico en la planta.

Los herbicidas como compuestos orgánicos que son en su estado de ingrediente activo (Sin Formular) son insolubles en agua o sea son de carácter lipofílico y bastante compatible con el carácter lipofílico de la Cutina, sin embargo los herbicidas al ser formulados se convierten en sustancias altamente solubles en agua, (hidrofílicas) situación que limita sustancialmente su posible penetración a la planta vía foliar.

Si se lograra aplicar un herbicida disuelto en solventes orgánicos y no en agua penetraría fácilmente la cutícula, pero posteriormente al interiorizar el interior de la planta tendría impedimentos mayores debido a que la composición de la Cutina cambia paulatinamente con sustancias cada vez más hidrofílicas, como el ácido poligalactourónico principal constituyente de la Pectina, hasta alcanzar la pared celular, la cual también es altamente hidrosoluble. (Figura 1).

Como se aprecia, resulta difícil lograr que un herbicida llegue intacto y en forma rápida a los puntos de acción “Sumideros” debido a la variante constitución química de las estructuras foliares de la planta, ante esta situación los adyuvantes adicionados al herbicida y gracias a su composición química vienen a interceder entre el herbicida y dichas variaciones para permitir que el mismo logre sobre pasar con éxito y lo más rápido posible estos impedimentos.

Los adyuvantes que logran en una misma molécula combinar un compuesto hidrofílico y un compuesto lipofílico se llaman emulsificantes y un ejemplo de ellos es la caseína de la leche capaz de mantener una grasa disuelta en agua permanentemente.

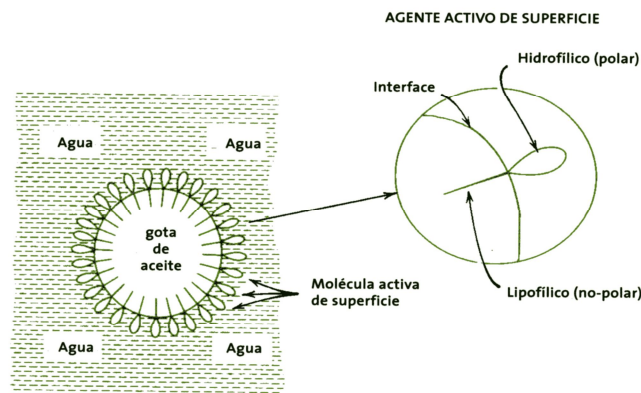


Figura 2 Diagrama de un Emulsificante Mostrando su Polaridad.

Por otra parte la afinidad de un herbicida con compuestos orgánicos sean hidrofílicos o liposolubles dependerá del coeficiente de partición octanol – agua del herbicida, el cual se expresa como el logaritmo KOW , este valor indica el balance entre la fracción soluble en agua y en lípidos del mismo respectivamente .Por ejemplo si un herbicida presenta valores logarítmicos en una escala entre -3 a 0 son herbicidas altamente hidrofílicos como el caso de Glifosato , si dicho coeficiente se encuentra entre 0 y 3 el mismo se considera intermedio y en este grupo se encuentran las Triazinas y Ureas Sustituidas entre otros , si el coeficiente presenta valores mayores a 3 se consideran los herbicidas de carácter Lipofílico como sucede con el herbicida Pendimetalina. En general aquellos herbicidas no ionizables (neutros) con lipoficidad intermedia ($\log k_{ow}$ 1 a 3) penetran con más facilidad la membrana plasmática que aquellos compuestos más polares como el Glifosato o mas lipofílicos como la Pendimetalina. Estos productos por lo tanto no son retenidos en el floema y se movilizan principalmente por el Xilema en una forma más rápida.

En concreto los adyuvantes presentan la particularidad de servir químicamente como un compuesto intermedio entre el herbicida , el agua, y las estructuras de la planta, incrementando la capacidad de desplazamiento y penetración del herbicida hasta alcanzar en el menor tiempo posible los puntos de acción ,independientemente del carácter de solubilidad que presente el herbicida comercial.

ACCION DE LOS SURFACTANTES

La gran mayoría de los adyuvantes como se observa en el siguiente cuadro presentan múltiples funciones que le permiten ejercer un mayor y mejor efecto ante cualquier molécula de herbicida utilizada por el productor.

Ante esta condición para describir en detalle las particularidades en el accionar de los adyuvantes, se discutirán a continuación por separado las características descritas con anterioridad y en las que se basa el principal accionar de los mismos.

Cuadro 1
Composición Química de Algunos Adyuvantes Comerciales Utilizados en el Control de
Malezas en la Caña de Azúcar

Distribuidor o Fabricante	Nombre comercial	Clasificación	Composición
Bayer	NP7	Emul, Hument, Adherente Humectante y penetrante,	Monifenol poliglicol eter
DOW	KAITAR ACT SL	Emulsificante, humectante, Antiespumante	Acido dodecibencesulfonico Octifenoxietoxilado Isopropanol, silicona fosfatos sodio y potasio Hidroxido sodio
BAYER	ADHERENTE 810 SL	Emul, adhe, penet, Humect	Monyl Phenoltoxilate
FARMAGRO	EXIT 100 EC	Coad Activador	Poly metileno poly oxi propileno Poly oxitileno ethil alkilamina
AGROCOSTA	LIMONOIL 15 % SL	Surfac, Penet, Solvente	Petroleun oil
COSMOCEL	INEX 27.65 % L	Penetrante	Eter de Polietilenglicol Glicol con oxido de etileno Dimetil Polisilosano
CPCP	CPCP coadyuvante	Penetrante	Eter de Polietilenglicol Glicol con oxido de etileno Dimetil Polisilosano
CRISTAL CHEM	LI 700	Acid, Surfact, Penetr,	Fosfatidilcolina Acido metilacetico Aquil polioxietileno eter
AGRICOLA PISCIS	AGREX F 32.2 SL	Penetr, adher, dispers, humect, Antiesp	Monil fenol Polioxietileno Dioctil sulfo Succinato
AGRICOLA PISCIS	AGREX ABC	acidificante, dispersante, humect, penetrante	Dioctil sulfo succinato Acidificante orgánico
AGRICOLA PISCIS	BB5 78 SL	Disp, Humec, Penetr, Antiesp acid.	Acido ortofosfórico
FEDECOOP	NUFILM 17.96 % L	Adher, disper, Humect, Extendedor	Pinolene
EUROSEMILLAS	SURFACID COAD	Acido Fosfórico (acidificante)	Alcohol tridecilico Polipxietileno
COSMOAGRO	COSMO FLUX 411 F	Coad estereoespecifico	Alcohol Etoxilado Aril Etoxilado Isoparafinas Liquidas
COSMOAGRO	COSMO IN D 27 SL	Penetr, surfact, Antiesp, reductor tensión Indicador PH	Alcohol Etoxilado Polyoxiethylene Alquil Ether
AGROSUPERIOR	WK 85 SL	Penetrante, Humectante	Monoxinol
LAQUINSA	SURLAQ 25 %	Humect, Esparc, penetr,	Alquil Aril Polietoxilatos Alquil sulfosuccinato Oxido polialquil hetome trisilosano
STOLLER	CARRIER	Microencapsulador, Potenc	Aceite Vegetal
COLONO	Silwet L77	Organo siliconado	Polialquilenoxido Heptamethyltrisilosano
COLONO	TRANSPORE 30.4 SL	Penetrante, Humecte, Disp	Nonil Fenol Polietoxilado, Glicoles

Nota : información tomada de las etiquetas o Brochur de cada producto.

Acción Surfactante

La acción surfactante de un adyuvante consiste en disminuir la tensión superficial de la gota del pulverizado permitiendo mejorar el cubrimiento sobre el follaje. Este efecto se logra gracias a la naturaleza de los alcoholes etoxilados, los cuales son ingredientes activos de los surfactantes que poseen una porción hidrofílica y una porción lipofílica la cual permite lograr este “desarme” de la gota que se traduce en un mayor cubrimiento, como se observa en la Figura 3.



Figura 3 Rompimiento de la Tensión Superficial de una Gota de Agua por un Surfactante.

Los jabones son los surfactantes más antiguos y están constituidos por sales de sodio y potasio de ácidos débiles que contienen cadenas hidrocarbonadas de 12 a 18 átomos de carbono. Un ejemplo es el Estearato de Sodio (Figura 4) el cual es un típico jabón compuesto por un grupo hidrofílico ($-\text{COO}^- \text{Na}^+$) y una porción lipofílica ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}$) soluble en aceite.

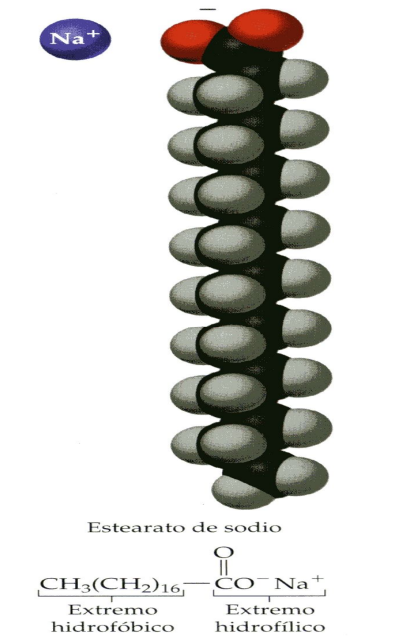


Figura 4 Estructura Molecular de un Emulsificante.

Los surfactantes sintéticos se crearon posteriormente para corregir las desventajas de los jabones como fue el de formar precipitados con iones de calcio, magnesio y hierro permitiendo utilizarse tanto en aguas duras como blandas. También fueron sustituidos en el grupo hidrofílico los grupos carboxilo (-COOH) presentes en el estearato de sodio por grupos esteres sulfónicos (-SO₃ H) o sulfúricos (-O SO₃H) y también cadenas unidas de hidrocarburos de dos átomos de carbono enlazados por un átomo de oxígeno (CH₂ -CH₂ -O) llamados grupo oxietileno como porción de gran polaridad hidrofílica.

Los surfactates presentan diversas capacidades simultaneas e importantes al disminuir en forma significativa la tensión superficial de la solución pulverizada, manifestándose claramente sobre la adsorción foliar de los herbicidas , sobre la retención de la solución pulverizada , también sobre la velocidad de penetración y en el aumento del área de contacto con la hoja , por actuar como humectante, por mejorar la penetración estomática y por facilitar el movimiento a lo largo de las paredes celulares después de contactar el follaje. (Lallana 2006).

Los surfactantes son comúnmente empleados en la formulación de los herbicidas, para aumentar las propiedades deseables de los formulados y más aún de la mezcla final. También se clasifican en cuatro grandes grupos basados en su poder de ionización en agua, estos grupos son: Los Iónicos quienes a su vez se dividen en Aniónicos, Catiónicos, Anfóteros y los no Iónicos o neutros, en el Cuadro 2 se observan los diferentes productos químicos que componen estos grupos de surfactantes.

Surfactantes Catiónicos

Estos surfactantes se derivan del Amonio (NH_3) y se conocen como sales de Amonio Cuaternario, presentando cadenas de hidrocarburos en el mismo orden de longitud que aquellos ácidos grasos con cadenas de 12 a 20 átomos de carbono. El Cloruro de Atiltrimetilamonio es un típico surfactante catiónico.

Estos surfactantes no son empleados en las formulaciones de herbicidas, además son fitotóxicos y bactericidas, se caracterizan además por precipitar en presencia de aguas duras y su acción detergente es muy pobre.

Surfactantes Aniónicos

Estos presentan la desventaja de que pueden reaccionar con otros iones, aun con el mismo herbicida en la formulación o en el líquido a pulverizar. También son por su parte excelentes agentes mojantes y buenos detergentes.

Surfactantes Anfóteros

Estos adyuvantes pueden actuar como aniones o como cationes dependiendo del PH de la solución; ya que presentan grupos ácidos y básicos en el segmento polar hidrofílico. En general estos productos son muy poco utilizados en la agricultura.

Surfactantes No Iónicos

Estos constituyen la mayoría de productos surfactantes del mercado. No se ionizan en solución acuosa al presentar poca afinidad electrónica y una baja energía de ionización; son incapaces de atraer electrones de otros compuestos, por lo que no son afectados por la dureza del agua, o sea no forman sales insolubles con iones de calcio, magnesio y hierro entre otros. También pueden ser utilizados en soluciones con ácidos fuertes, y presentan baja toxicidad en mamíferos al igual que una baja fitotoxicidad.

Son muy buenos agentes emulsificantes y dispersantes, también son excelentes detergentes pero como agentes espumantes se consideran de leves a mejorados.

Estos productos son derivados del polioxietileno y polioxipropileno y el mayor grupo lo constituyen los polioxietileno Alkifenoles.

Al igual que los herbicidas presentan en su estructura química un segmento hidrofílico (grupo polioxietileno) y un segmento lipofílico (cadena hidrocarbonada o siliconada) El balance entre estos segmentos se conoce como Balance hidro – lipofílico (BHL) (Kogan 2001).

Cuadro 2
Clasificación y Composición Química de los Diferentes Tipos de Adyuvantes

Tipo de Adyuvantes	Nombre Químico
Aniónes	Lauril Sulfato de Sodio
	Ácido Alkilsulfónico Sal Amina
	Dodecilbencenosulfonato de Sodio
	Estar Alkílicosulfonado
	Sulfonatoalkílico
	Ácidosulfosuccinico dioctylester
	Sulfonato de Disopropilnftaleno de Sodio
Catiónicos	Lauriltrimetilcloruro de Amonio
	Esteariltrimetilcloruro de Amonio
	Dilauriltrimetilcloruro de Amonio
	Heptadecylimadazolinium Cloruro
No Iónicos	Sec-Butilfenoxi-Polipropileneoxy-polietileneoxi-etanol
	Alkilarilpolioxietilene glicoles; ácidos grasos libres ; Isopropanol
	Alkifenoxipolietoxi
	Polioxietilene tioter
	Dodecileterpolietilene glicol
	Isooctilfenilpolietoxi glicol
	Octilfenilpolietoxi etanol
	Polioxietilene sorbitan monolaurate
	Nonilfenilpolioxietilene glicol eter

En forma similar a los herbicidas, los adyuvantes cuentan con una escala arbitraria con valores de 1 a 20 para determinar el Balance Hidrolipofílico (BHL) de los surfactantes.

El valor de BHL puede ser utilizado para designar la aplicabilidad del surfactante ya sea como emulsionante (4 – 6), agente humectante (7 – 9), detergente (13 -15) o disolvente (10-18). Entre menor sea el valor de BHL mas carácter lipofílico tendrá el surfactante (Emulsión) y entre mayor sea su valor cercano a 20 mas hidrosoluble será el producto.

Por lo expuesto, según parece la efectividad del surfactante en cada herbicida dependerá del Balance Hidro-lipofílico del surfactante y del coeficiente de partición orgánica del herbicida (KOW).

Sin embargo el valor óptimo del BHL necesario para la mayor actividad de los diferentes herbicidas no es un asunto fácil de resolver, y esta en función también de la naturaleza química del herbicida, del vehículo acarreador y de la naturaleza de la superficie foliar de la maleza. En General , los surfactantes de carácter lipofílico (BHL 1 a 8) incrementan la fluidez del herbicida

a través de los componentes de la cutícula de los herbicidas que son de carácter lipofílico , entre los que destacan productos formulados como concentrados emulsionables (EC), polvos mojables (WP) y gránulos dispersables (WG).

Por el contrario, los surfactantes de carácter hidrofílico, como son las sales de amina de 2,4-D, Glifosato y Paraquat, con formulación (SL) presentarían problemas de penetración y de efectividad si se utilizan adyuvantes de este tipo.

OTROS SURFACTANTES

Existen los surfactantes convencionales y los surfactantes órgano siliconados (OS), los cuales presentan un mayor poder para disminuir la tensión superficial, debido a su mejor efecto visual se consideran por lo general como mejores adyuvantes que los convencionales.

Estos surfactantes se recomiendan para aquellas aplicaciones donde el cubrimiento es un factor clave para el éxito del control, por ejemplo cuando se utilizan productos de contacto como en el caso de Paraquat y M.S.M.A. Caso contrario no se recomiendan en el caso de herbicidas sistémicos, porque al presentar una mayor y rápida dispersión en el follaje, el espesor de la lámina aplicada se reduce, favoreciendo la evaporación y limitando la penetración de estos.

Acción Penetrante

Existe un grupo de adyuvantes que además de sus características surfactantes, presentan gracias a su composición química una mayor capacidad de adsorción, por lo que se les clasifica como penetrantes.

Los penetrantes logran, aumentar la tasa de absorción del ingrediente activo vía aumento en la movilidad de este a través de la cutícula. Entre este tipo de adyuvantes existe un grupo que utiliza aceite en su composición, para disolver la capa cerosa de la cutícula y así facilitar la penetración, pero provocando con ello un estrés en la planta. Ante esto se podría pensar que esta alteración en las malezas es beneficiosa, sin embargo se considera que, el daño producido por los aceites mas que beneficioso no es deseable; porque al aplicar cualquier herbicida sistémico se requiere que la planta este en optimas condiciones para que este y demás herbicidas que componen la mezcla, sea capaz de translocarse por toda la planta. Por otra parte hay un segundo grupo de adyuvantes que utilizan en su composición derivados de la Lecitina de Soya, los cuales, modifican temporalmente la estructura de la cutícula, sin llegar a disolverla , permitiendo con ello aumentar la entrada del herbicida sin producir daño en los tejidos vegetales , sean cultivos o malezas.

Existen factores que afectan la tasa de penetración y los mismos están relacionados con la planta como son el grosor y composición de la cutícula, también hay factores inherentes al herbicida como son el tamaño de la molécula y su polaridad y sin faltar factores ambientales como la temperatura, humedad, y precipitación (Holway 1994, citado por Prado et al 2001).

Acción Adherente

Los adherentes en general mejoran la deposición y retención del herbicida sobre la hoja disminuyendo el posible lavado por parte de la lluvia. Se recomienda para herbicidas de contacto al igual que en los surfactantes órgano siliconados (OS) ya que su eficiencia dependerá de su permanencia en la hoja de la maleza.

Existen adherentes cuya composición básica radica en dos ingredientes activos como son: resinas de pino y látex sintéticos. No se debe confundir productos surfactantes cuya principal función es la dispersión con aquellos que indiquen ser adherentes, ya que si bien pueden mejorar en algo la deposición en caso de lluvias, su penetración va ser difícil y probablemente al tardar más tiempo sobre las hojas su posibilidad de descomponerse o inactivarse por cualquier vía será mayor. En general como se indico anteriormente los términos adherente y penetrante son términos incompatibles en el uso de herbicidas.

Acción Acidificante

Los adyuvantes con acción acidificante tienen la capacidad de disminuir el pH del agua con el objeto de minimizar las pérdidas por degradación alcalina, reacción que sufren algunos pesticidas en presencia de aguas con pH superiores a 7 y que reducen la efectividad del ingrediente activo.

La magnitud de esta degradación en realidad dependerá de la dureza del agua (Cantidad de iones de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+3} , y Al^{+3}), del ingrediente activo, y el tiempo que transcurre posterior a la preparación del caldo de aspersión hasta el secado de la misma en la lámina de la hoja.

La mayor parte de los agroquímicos se verán favorecidos con el uso de aguas con pH entre 4 y 6.

La hidrólisis alcalina que sufren varios insecticidas ha sido muy documentada, pero por el contrario en el caso de los herbicidas este fenómeno ha sido muy poco estudiado con excepción del herbicida Glifosato, que por su investigación se ha logrado definir un pH óptimo de 2.5 y 3.5 respectivamente.

Esta situación ha generado mucha controversia al recomendar acidificar o acondicionar las aguas para evitar la hidrólisis alcalina en moléculas de herbicidas que no se ven seriamente afectadas por este fenómeno. No existe una recomendación general para todos los herbicidas ni sus mezclas, por lo que debe valorarse cada una de ellas en condiciones de alta dureza en las aguas y sobre todo en algunos sectores del país. Algunas de las recomendaciones emitidas por el fabricante de los herbicidas se detalla a continuación.

Cuadro 3
pH Adecuado del Agua para Algunos Herbicidas

Nombre Genérico	Nombre comercial	pH ideal
Ametrina	Ametrex, Gesapax, Sugarpax	5
Atrazina	Atranex, Gesaprin	7
Diuron	Crisuron, Karmex, Kiluron	7
Glifosato	Round up	5
Hexazinona	Velpar, Hexacto	5
Metribuzin	Sencor	4
Metsulfuron Metil	Ally, Rosulfuron	7
M.S.M.A	Daconate, Maxul	6
Oxifluorfen	Koltar	5
Paraquat	Gramoxone	5
Pendimetalina	Prowl, Gramilaq, Toro	6
Simazina	Gesatop	6
Terbutilazina	Gardoprin, Tilanex, Chapeador	7
Terbutrina	Igran, Terbutrex	5
Triclopyr	Garlon	6

La condición de pH ideal para cada producto es válido si se utilizan los herbicidas solos en una aplicación, por lo que resulta difícil brindar una recomendación cuando se utilizan mezclas, un ejemplo de ello es la combinación Diuron (pH 7) y Hexazinona (pH 5).

Ante este tipo de incertidumbre es importante realizar investigaciones utilizando las mezclas recomendadas y lo más importante utilizando diferentes calidades de agua sobre todo en regiones donde la dureza de la misma es alta.

Es importante y oportuno indicar que la acidificación del agua siempre debe realizarse previo a la adición de cualquier herbicida al tanque de aspersion.

Herbicidas y Adyuvantes

Se han realizado muchas investigaciones por parte de DIECA en el control químico de malezas en el cultivo de la caña de Azúcar y muy en especial en el control de Rottboellia Cochinchinensis. La importancia económica que reviste esta maleza en este y en otros cultivos en el mundo, ha motivado a establecer pruebas diversas que permitan ofrecer al productor cañero diferentes alternativas de control efectivas y económicas. Los resultados obtenidos al día de hoy son

satisfactorios y revelan cuales son los mejores herbicidas y sus mezclas aptos para controlar esta maleza, sin embargo, las altas dosis empleadas incrementan significativamente el costo del control.

En teoría una forma de reducir las dosis de los herbicidas empleados sin afectar el control es mediante el uso de adyuvantes, pero en la práctica es poco lo que se conoce al respecto y lo que ha imperado son recomendaciones generalizadas sobre su uso y aplicación. Por lo tanto la adición de un adyuvante en la solución a pulverizar podría no tener efecto sobre la fototoxicidad esperada en la maleza o por el contrario podría aumentar o retrasar dicha fototoxicidad por causa de la existencia de antagonismos y sinergismos entre las moléculas de una mezcla determinada y el adyuvante empleado.

Cada adyuvante comercial debería ser recomendado para cada herbicida y cada herbicida para cada adyuvantes, y en su etiqueta debería indicar además de sus cualidades su BHL. El cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$BHL = 20 (MH) / MH + ML$$

Donde MH es el peso molecular del segmento hidrofílico y ML es el peso molecular del segmento lipofílico del adyuvante.

Ante la ausencia de resultados de investigación e información concerniente al uso de adyuvantes con los herbicidas en el cultivo de la caña de azúcar se realizaron diversos trabajos preliminares de investigación con el fin de conocer la respuesta de diferentes adyuvantes agregados en solución con cuatro herbicidas post emergentes utilizados en el control de la maleza Rottboellia cochinchinensis.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue determinar la existencia de sinergismos y antagonismos entre los adyuvantes y los herbicidas post emergentes utilizados en el control de Rottboellia cochinchinensis.

Metodología

Se seleccionaron un total de 12 adyuvantes comerciales y se agregaron en mezcla a cuatro herbicidas utilizados en el control post emergente de la maleza Rottboellia cochinchinensis la cual se sembró en microparcels de 0.27m² en condiciones de invernadero.

En cada microparcels se sembraron 25 plantas y previo a la floración se asperjaron con cada tratamiento, gastando el equivalente a 529 litros de agua por hectárea.

Los herbicidas utilizados fueron: Diuron 80 WG (1 kg / ha), Terbutrina 80 WG (1.5 kg / ha) , Hexazinona 75 WG (0.125 kg / ha) y Ametrina 50 SC (3.5 kg / ha). Las dosis de dichos herbicidas utilizadas en este estudio fueron reducidas con excepción de la Ametrina con el

objetivo de permitir una clara y evidente manifestación de las diferencias mostradas por los distintos adyuvantes.

La dosis utilizada por cada adyuvante fue igual para todos 1ml / litro de agua (0.1 %) y las evaluaciones se realizaron 21 días después de la aplicación contabilizando plantas muertas (% mortalidad) y plantas afectadas (% afectadas) las cuales presentaban lesiones importantes pero no suficientes para producir la muerte. Los adyuvantes utilizados en esta prueba se presentan con su nombre comercial y cuya composición y características se puede observar en el Cuadro # 1 en este documento.

Resultados

Las evaluaciones correspondientes al porcentaje de plantas muertas y afectadas por cada tratamiento se realizaron a los 21 días después de la aplicación y sus resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4
Resultados del Porcentaje de Control de Rottboellia cochinchinensis por Cuatro Herbicidas en Mezcla con 11 Adyuvantes Aplicados en Post Emergencia

TRATAMIENTO	DIURON 80 WG 1 KG / HA		TERBUTRINA 80 WG 1.5 KG		HEXAZINONA 75 WG 0.125 KG		AMETRINA 50 SC 3.5 L / HA	
	% MORTALIDAD	% AFECCION	% MORTALIDAD	% AFECCION	% MORTALIDAD	% AFECCION	% MORTALIDAD	% AFECCION
W K	86	14	46	0	0	24	60	16
INEX	25	25	25	0	0	0	9	8
AGREX ABC	64	36	0	100	0	0		
COSMO IN	85	15	0	10	0	19	8	0
SURLAQ	40	60	0	0	0	100	15	4
L77	71	29	100	0	0	46	16	0
KAITAR	7	0	52	0	100	0	17	9
LIMONOIL	71	29	91	9	0	0	11	11
NP7	100	0	12	0	0	15	3	3
AGREX F32.2	75	25	28	0	0	0	19	4
TRANSPORE	4,1	94	22	88	100	0	31	69
TESTIGO	25	33	4	0	33	66	39	61

Entre los tratamientos se incluyó un tratamiento testigo el cual consistió en la aplicación del herbicida sin adyuvante.

% Afección = variable en la que se consideraron aquellas plantas con hojas quemadas o algún grado de daño en su follaje pero insuficiente para causar la muerte de la planta.

Herbicida DIURON

En el Cuadro 4 se observa los resultados obtenidos en la evaluación del herbicida Diuron un mayor control de la maleza en el porcentaje de plantas muertas, ya que la mayoría de los tratamientos superaron al tratamiento testigo (25 % de plantas muertas) sin adyuvante algunos en forma significativa, como ocurrió con los adyuvantes, NP7 con 100% de mortalidad, WK y COSMO IN con un 86 y 85 % respectivamente. Algunos tratamientos con los adyuvantes KAITAR Y TRANSPORE con un 7 y 4 % respectivamente, presentaron un pésimo control de la maleza, inferior que al testigo, esto es un ejemplo claro de que algunos adyuvantes en vez de mejorar el accionar del herbicida Diuron por el contrario interfieren negativamente con este. Como se observa en la Figura 5 se evidencia en la mayoría de adyuvantes una tendencia entre la disminución de plantas muertas y un incremento en las plantas afectadas.

La mayor efectividad obtenida con este herbicida como se mencionó se obtuvo cuando se le adicionó el adyuvante NP7, posiblemente esto se deba a que su fabricante BAYER, también es fabricante tradicional del herbicida Diuron, de ser así es un ejemplo de que si es factible desde su fabricación obtener moléculas de productos altamente sinérgicos.

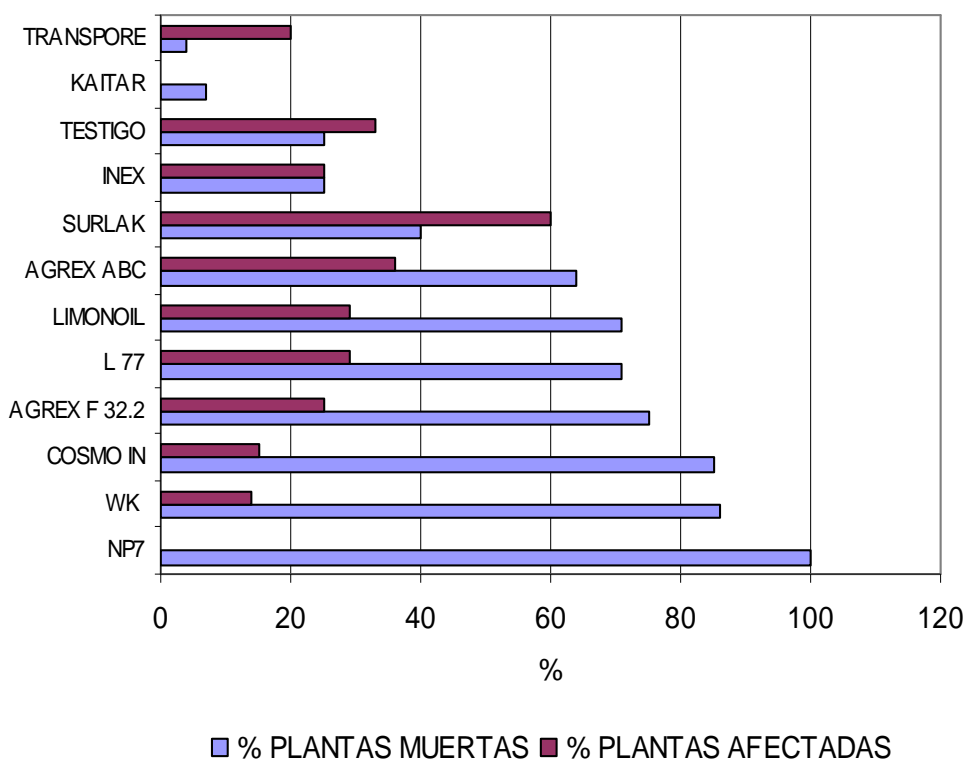


Figura 5 Respuesta en el Control de la Maleza Rottboellia por el Herbicida Diurón y 11 Adyuvantes.

Herbicida Terbutrina

El herbicida Terbutrina también afecto mayoritariamente a la maleza *Rottboellia cochinchinensis* cuando se le adicionaron algunos adyuvantes, entre los que destacan con un 100 % de plantas muertas el adyuvante órgano siliconado SILWETT L 77 , seguido en segundo lugar por LIMONOIL con un 91 % ,contrastando ambos con el testigo sin adyuvante, el cual logro eliminar únicamente un 4 % de las plantas y sin causar afección en el resto de la población .Algunos adyuvantes como AGREX ABC , COSMO IN, y SURLAK no aportaron en el control de esta maleza , solamente AGREX ABC fue muy eficaz en provocar daños en todas las plantas sin ocasionarles la muerte. Es posible observar como adyuvantes que en mezcla con el herbicida Diuron fueron altamente efectivos como NP7 , en el caso del herbicida Terbutrina no logro afectar a la maleza en forma satisfactoria ,esta condición pone en evidencia el posible error de generalizar el uso de estos productos.

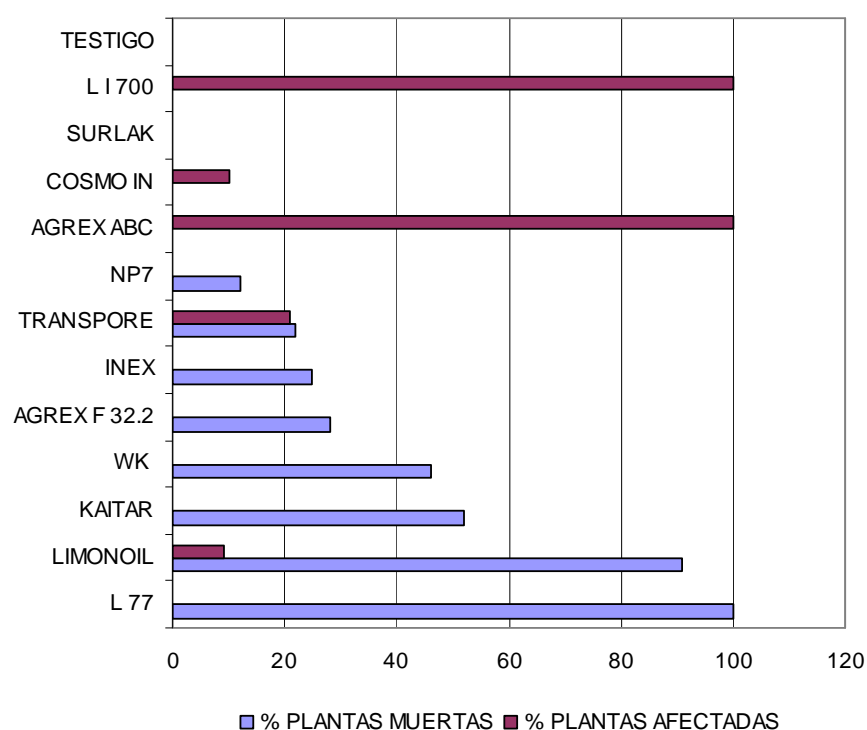


Figura 6 Respuesta en el Control de la Maleza *Rottboellia* por el Herbicida Terbutrina y 11 Adyuvantes.

Herbicida Hexazinona

Como se observa en el cuadro 4, en el caso del herbicida hexazinona pocos adyuvantes mejoraron sustancialmente su accionar como ocurrió con el adyuvante KAITAR y TRANSPORE con un 100 % del control de la maleza.

Este herbicida a pesar de dosificarse con la mitad de la dosis mínima recomendada el tratamiento testigo (sin adyuvante) presento un 33 % de plantas muertas superando a los demás herbicidas que se dosificaron igual y con poca diferencia con Ametrina cuya dosis fue completa, así se evidencia el poder gramínicida de este herbicida.

Algunos adyuvantes como SURLAQ provoco una afección importante en la mayoría las plantas, pero también de alguna forma impidió que eliminara al menos las plantas que el herbicida por si solo lo habría hecho. El adyuvante SILWETT L77 a pesar de haber sido muy efectivo con el herbicida Terbutrina, en este caso solo logro afectar parcialmente un 46 % de las plantas de Rottboellia presentes.

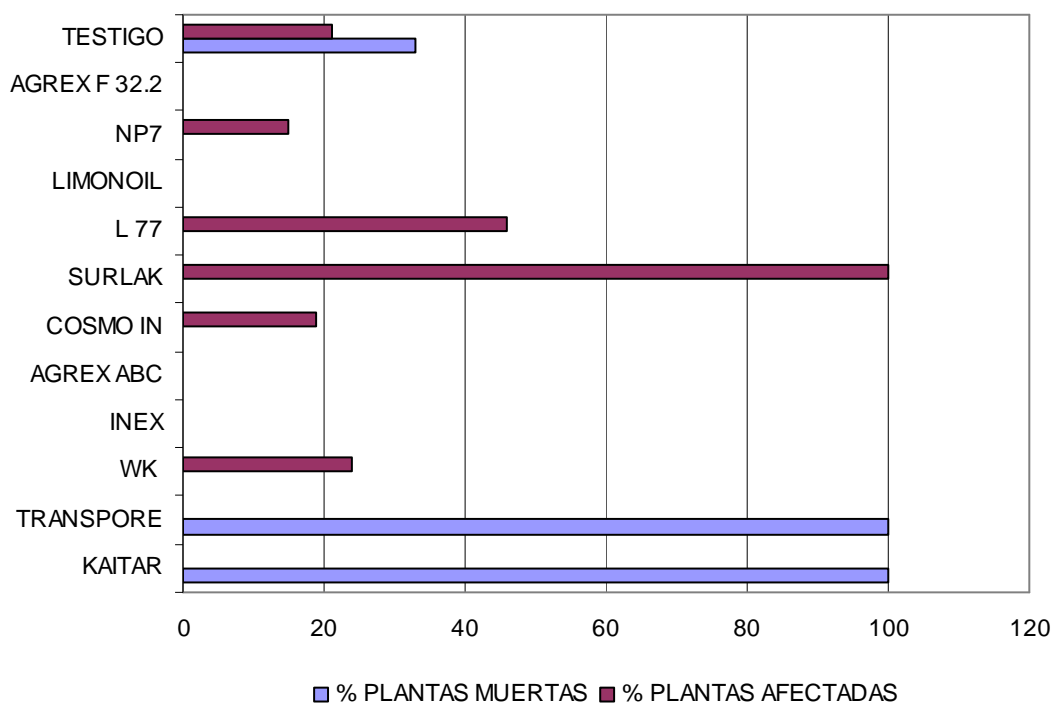


Figura 7 Respuesta en el Control de la Maleza Rottboellia por el Herbicida Hexazinona y 11 Adyuvantes.

Herbicida Ametrina

Este herbicida sin adyuvante logro controlar en un 44 % las plantas de Rottboellia aplicadas y afecto a un 36 % de estas, sin embargo como se indicó en principio, se utilizo una dosis de normal a alta (3.5 litros) respecto a los demás herbicidas evaluados, esto con la finalidad de que se manifestaran los adyuvantes.

Como se observa en el cuadro 4 la mayoría de los tratamientos lograron controlar en alguna medida a la maleza, y entre los adyuvantes mas efectivos se encontraron: TRANSPORE con un 76 % de plantas muertas y WK con un 60 %.

Los demás adyuvantes no lograron superar al tratamiento testigo ni en el número de plantas muertas ni en el número de plantas afectadas.

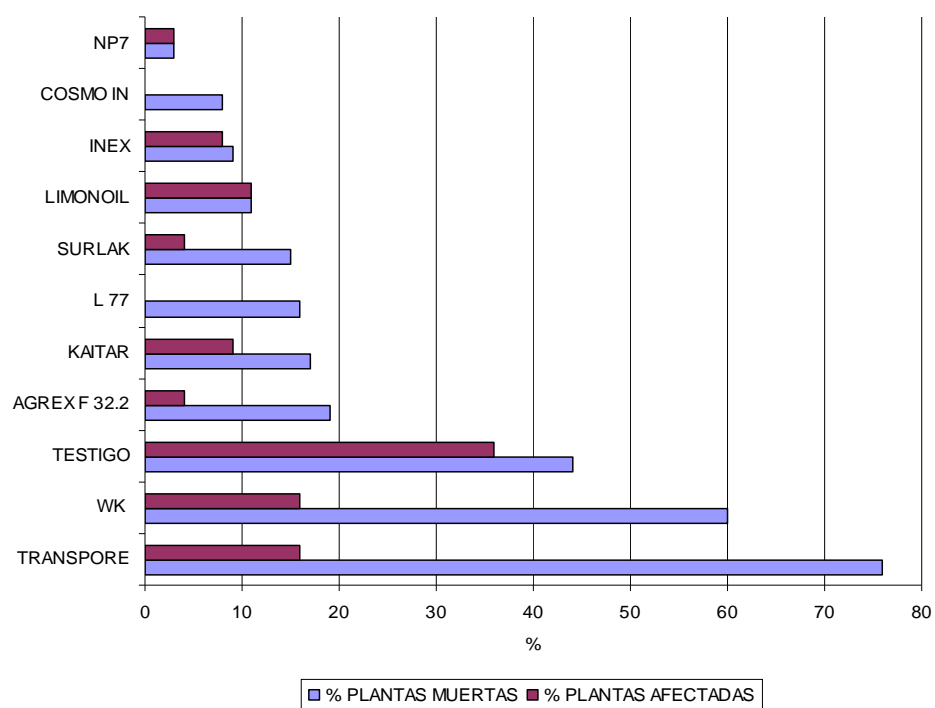


Figura 8 Respuesta en el Control de la Maleza Rottboellia por el Herbicida Ametrina y 9 Adyuvantes.

Mezclas – Adyuvantes

Como el control químico de las malezas en el cultivo de la caña de azúcar no se realiza utilizando un solo herbicida, si no mezclas de estos, sería muy lógico si se pretende obtener la máxima respuesta, utilizar los adyuvantes que mejoraron el accionar de cada herbicida que compondría la mezcla a utilizar y muy en especial para el control de *Rottboellia cochinchinensis*.

Para seleccionar dichos adyuvantes en una forma objetiva se opto por sumar los porcentajes obtenidos en la mortalidad de plantas por cada herbicida y adyuvante presentados en el Cuadro 4, luego se procedió a ordenarlos en forma descendente los mejores adyuvantes en cada mezcla de herbicida, como se observa en el Cuadro 5. Con esta información se logró planear y establecer una serie de pruebas de verificación en el campo que ayudaran con sus resultados a emitir con mayor certeza los mejores tratamientos que brinden un mayor control y un menor costo.

Las diferentes pruebas se establecieron utilizando las mezclas mas comúnmente usadas y los mejores adyuvantes en diferentes localidades del país como Grecia, Los Chiles y Turrialba .Estas pruebas fueron consecutivas y no simultáneas con la finalidad de que permitieran seleccionar y descartar tratamientos y dosis en cada una de ellas. En este documento se presentan los resultados de la última evaluación efectuada en una finca del Ingenio Atirro en el Cantón de Turrialba, provincia de Cartago.

Los resultados obtenidos en esta prueba fueron muy satisfactorios, pero no definitivos por cuanto faltaron de valorar algunos tratamientos y verificar los resultados obtenidos en otras regiones cañeras del país.

Cuadro 5
Valores Obtenidos de la Suma en el Porcentaje de Mortalidad de Plantas de Rottboellia
por cada Adyuvante entre los Herbicidas que Componen la Mezcla

DIURON + TERBUTRINA	
COADYUVANTE	% MORTALIDAD
L77	85,5
LIMONOIL	81
NP7	56
AGREX F32.2	51,5
WK	46
COSMO IN	42,5
AGREX ABC	32
KAITAR	29,5
INEX	25
SURLAQ	20
TESTIGO	14,5
TRANSPORE	13
DIURON + AMETRINA	
COADYUVANTE	% MORTALIDAD
WK	73
NP7	51,5
AGREX F32.2	47
COSMO IN	46,5
L77	43,5
LIMONOIL	41
TRANSPORE	40
TESTIGO	34,5
SURLAQ	27,5
INEX	14,5
KAITAR	12
AGREX ABC	
HEXAZINONA + DIURON	
COADYUVANTE	% MORTALIDAD
KAITAR	53,5
TRANSPORE	52
NP7	50
WK	43
COSMO IN	42,5
AGREX F32.2	37,5
LIMONOIL	35,5
L77	35,5
AGREX ABC	32
TESTIGO	29
SURLAQ	20
INEX	12,5
HEXAZINONA + TERBUTRINA	
COADYUVANTE	% MORTALIDAD
KAITAR	76
TRANSPORE	61
L77	50
LIMONOIL	45,5
WK	23
TESTIGO	18,5
AGREX F32.2	14
INEX	12,5
NP7	6
COSMO IN	0
AGREX ABC	0
SURLAQ	0

* Adyuvante no evaluado en el campo

Objetivo

Determinar para cada mezcla de herbicidas los mejores adyuvantes que logren una mayor eficacia y un menor costo en el control de la maleza *Rottboellia cochinchinensis*.

Metodología

Se Seleccionó un lote de la finca con una alta infestación de la maleza y que se encontrara en estado de pre floración. En el mismo se marcaron parcelas de 45 m², equivalente a 2 surcos de 20 m de largo.

Para asegurar una clara evidencia del aporte del adyuvante a evaluar se redujo la dosis de al menos de uno de los herbicidas componentes de cada mezcla a aplicar. La aplicación se realizó con una bomba de espalda provista de una boquilla 8003 y previamente calibrada para una descarga de 600 litros por hectárea, las evaluaciones se realizaron 21 días después de la aplicación por tres técnicos que desconocían los tratamientos para una mayor objetividad.

Resultados

En el Cuadro 6 se presentan los resultados promedio de dichas evaluaciones y costo económico de los diferentes tratamientos. Se aprecia en el mismo como al reducir la dosis del segundo herbicida componente de la mezcla y en presencia de algunos de los adyuvantes se logro obtener tan buenos resultados como los obtenidos cuando se utilizan dosis normales que al final encarecen el costo de la mezcla. Por ejemplo la mezcla **Diuron 80 WG 2 kg + Terbutrina 80 WG 2 kg** recomendada comercialmente tiene un valor de ¢27952 por hectárea y utilizando un adyuvante es posible reducir la dosis de la Terbutrina a 1 kg lo que representa un ahorro aproximado de ¢6000 por hectárea aplicada, incluyendo el costo del adyuvante.

La mayoría de los adyuvantes que individualmente mejoraron el accionar de uno de los herbicidas de la mezcla nuevamente lograron mejorar también el accionar de la mezcla aún cuando se redujo la dosis de uno de los herbicidas, sin embargo como se observa no siempre se cumplieron las expectativas de que el mejor adyuvante sugerido en el cuadro 5, también marcara diferencia en el Cuadro 6.

Los tratamientos testigos (Sin Adyuvantes) en todas las mezclas fueron ampliamente mejorados en su accionar ante el control de la maleza, esto en virtud del aporte del adyuvante respectivo.

En pocos casos el tratamiento testigo fue mejor que los tratamientos con adyuvantes, tal es el caso de las mezclas **Hexazinona + Terbutrina** y **Hexazinona + Diuron**, las cuales al ser aplicadas con el adyuvante KAITAR desmejoraron el control de la maleza, pesar de señalarse como el mejor adyuvante en el cuadro 5 para estas mezclas. Esta condición revela las complejas reacciones químicas que se dan entre diversos compuestos orgánicos que al ser mezclados pueden provocar antagonismos provocados por inactivación de productos en el tanque de la mezcla o limitaciones de penetración y distribución en las plantas asperjadas.

Cuadro 6
Resultados preliminares de la evaluación de diferentes mezclas de herbicidas y adyuvantes en el control de la maleza Rottboellia cochinchinensis en Atirro, Turrialba

TRATAMIENTOS	Promedio	COSTO ¢/ Ha	Costo \$
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + WK 1 cc/l	100,00	¢21.453	37,64
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + NP-7 1 cc/l	100,00	¢22.491	39,46
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + AGREX F 32 1 cc/l	88,33	¢22.557	39,57
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + LIMONOIL 1 cc/l	86,67	¢21.681	38,04
DIURON 80 WG 2 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha	66,67	¢20.557	36,06
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + L 77 1 cc/l	100,00	¢26.000	45,61
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + INEX 1 cc/l	93,33	¢19.302	33,86
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + AGREX F 32 1 cc/l	91,67	¢19.617	34,42
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + LIMONOIL 1 cc/l	90,00	¢18.741	32,88
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + WK 1 cc/l	86,67	¢18.513	32,48
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + NP-7 1 cc/l	85,00	¢19.551	34,30
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha + SURLAQ 1 cc/l	83,33	¢19.270	33,81
DIURON 80 WG 2 kg/ha + AMETRINA 50 SC 1 l/ha	75,00	¢17.617	30,91
DIURON 80 WG 2 kg/ha + MSMA 0.5 l/ha + KAITAR 1 cc/l	100,00	¢15.887	27,87
DIURON 80 WG 2 kg/ha + MSMA 0.75 l/ha + KAITAR 1 cc/l	100,00	¢16.830	29,53
DIURON 80 WG 2 kg/ha + MSMA 1 l/ha	100,00	¢16.932	29,71
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 2 kg/ha + KAITAR 1 cc/l	91,67	¢23.302	40,88
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + COSMO IN 1 cc/l	90,00	¢16.578	29,08
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + WK 1 cc/l	85,00	¢15.777	27,68
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + NP-7 1 cc/l	85,00	¢16.815	29,50
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha TESTIGO	83,33	¢14.881	26,11
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + L 77 1 cc/l	80,00	¢23.326	40,92
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + KAITAR 1 cc/l	78,63	¢15.721	27,58
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + DIURON 80 WG 1 kg/ha + SURLAQ 1 cc/l	71,67	¢16.534	29,01
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + MSMA 72 SL 0.5 l/ha + KAITAR 1 cc/l	85,00	¢11.025	19,34
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + MSMA 72 SL 0.75 l/ha + KAITAR 1 cc/l	85,00	¢11.968	21,00
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + MSMA 72 SL 1 l/ha	85,00	¢12.070	21,18
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + L 77 1 cc/l	91,67	¢24.140	42,35
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha TESTIGO	70,00	¢15.695	27,54
HEXAZINONA 75 WP 0.25 kg/ha + TERBUTRINA 80 WG 1 kg/ha + KAITAR 1 cc/l	65,00	¢16.535	29,01

En la mezcla **Diuron +Terbutrina** los primeros cinco adyuvantes sugeridos según el cuadro 5 que superaron al testigo fueron Silwet L77 (no valorado), LIMONOIL , NP7 , AGREX F32.2 y WK, de los cuales todos dieron una respuesta positiva aunque en diferente orden. El adyuvante L77 será valorado próximamente en esta y otras mezclas.

Los adyuvantes sugeridos para la mezcla **Diuron + Ametrina** fueron WK, NP7, AGREX F32.2 COSMO IN, L77, LIMONOIL y TRANSPORE, los cuales como se observa en el cuadro 6 colaboraron junto a los adyuvantes INEX y SURLAQ con un mejor accionar de la mezcla respecto al tratamiento testigo. En esta mezcla sobresalió el adyuvante INEX ya que fue uno de los que presento valores mas bajos en el cuadro 5 y en la mezcla ocupó el segundo lugar en efectividad, revelando que hay algunas excepciones como en este caso.

En la mezcla **Hexazinona + Diuron** presentaron en el Cuadro 5 valores superiores al tratamiento testigo cuando se utilizaron adyuvantes como: KAITAR, TRANSPORE, NP7,WK, COSMO IN, AGREX F32.2,LIMONOIL , L77 Y AGREX ABC. Sin embargo de estos adyuvantes solamente COSMO IN, WK y NP7, adicionados a la mezcla superaron al tratamiento testigo, con excepción de TRANSPORE el cual será vaporado próximamente. En esta mezcla también se evidencio como el incremento en la dosis de Terbutrina controló eficientemente la maleza aún cuando se utilizó un adyuvante que aportó poco a esa mejoría tal es el caso de KAITAR, el cual presento un 78,63 % de control con la dosis reducida de Terbutrina y un 91.67 % con la dosis normal de 2 kg / ha.

En la mezcla **Hexazinona + Terbutrina** los adyuvantes sugeridos fueron KAITAR, TRANSPORE, L77, LIMONOIL y WK, como los mas adecuados para esta mezcla y de los cuales únicamente el adyuvante L77 supero al tratamiento testigo en el control de *Rottboellia cochinchinensis*.

Conclusiones

En diversas publicaciones se afirma que el uso de adyuvantes en las aplicaciones de herbicidas es fundamental para lograr en ellos una buena distribución sobre la superficie foliar y por efecto una mayor absorción hacia el interior de las plantas, y es por este motivo que el fabricante de herbicidas incorpora en la formulación algún tipo de surfactante que le asegure un buen desempeño de su producto. Sin embargo, se recalca que la adicción de un adyuvante a la mezcla (agua – herbicida), puede aumentar, disminuir, o no tener ninguna mejoría en el accionar de un determinado herbicida.

Ante los resultados de este estudio, quedo claramente demostrado que no todos los adyuvantes a pesar de sus cualidades físico- químicas ofrecen por igual resultados satisfactorios en su función como activadores o potencializadores de los herbicidas en general. De esta forma se debe evitar en alguna forma la generalización de las recomendaciones.

También es evidente de que en algunos casos la mayoría e estos productos responden en mayor magnitud a los efectos esperados de la combinación herbicida- adyuvante, tal es el caso del herbicida DIURON sin embargo existen otros herbicidas a los que pocos adyuvantes responden y por el contrario hay una tendencia de neutralizar su accionar, tal es el caso del herbicida Hexazinona, al cual únicamente un 18 % de los adyuvantes respondieron satisfactoriamente.

Para finalizar, es importante señalar que el conocimiento preciso del mecanismo de acción de los surfactantes es bastante oscuro y que desafortunadamente no se puede esperar siempre que la disminución en la tensión superficial inducida por estos productos provoquen un aumento en la retención, absorción foliar y actividad o eficacia del tratamiento herbicida., por lo tanto es imprescindible continuar valorando nuevos productos y sobre todo su accionar en otras malezas de importancia económica para el cultivo de la Caña de Azúcar.

Literatura Consultada

- 1) Kogan, M; Pérez, A 2001. Herbicidas: Fundamentos Fisiológicos y Bioquímicos del Modo de Acción Colección en Agricultura Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile. 333 Pag.
- 2) García T, L; C Fernández 1991. Fundamentos sobre Malas Hierbas y Herbicidas. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España.
- 3) Garcia, E; Bortolussi, O; Blatner,L. 2003 Formulaciones y Adyuvantes. El Sitio de la Producción Animal , INTA ,Boletín de Divulgación Técnica Mayo 2003. 28 Pag.
- 4) Hess, F.D.1985. Herbicide Absorción and Translocations and their Relationship to Plant Tolerances and Susceptibility, In weeds Physiology Volume II Herbicide Physiology Pag. 192 – 214) Ediciones SO Duke CRC Press INC Boca Raton , FL,USA
- 5) Lallana ,M ; Billard; Elizalde, J; Lallana,V.2006. Breve Revisión sobre Características de la Cutícula Vegetal y Penetración de Herbicidas. Revista Ciencia, Docencia y Tecnología n 33 Año XVII, noviembre 2006 Pag. 229 -241
- 6) Prado, B; Solar del; Soto A, 2001. Adyuvantes, sus Propiedades y Efectos en las Aplicaciones de Agroquímicos SIDALC Sistemas de Información y Documentación Agropecuaria de las Américas www.orton.catie.ac.cr