

## FORMULACIONES Y ADJUVANTES

Los herbicidas son compuestos químicos los cuales en su forma pura son prácticamente inservibles para el consumidor general. Para darles un valor práctico a los usuarios estos productos son formulados, es decir combinados con otros materiales como solventes, diluyentes y/o surfactantes para obtener lo que se conoce como formulación. De este modo los productos herbicidas son vendidos al usuario general como formulaciones, antes que como productos puros y bajo una variedad de nombres comerciales.

El propósito primario de formular un herbicida es permitir una rápida y uniforme dispersión del mismo en el vehículo ("carrier") conveniente empleado de modo que pequeñas cantidades de un producto activo ( unos pocos gramos) herbicida puedan ser distribuidas uniformemente sobre un gran área, tal como una hectárea.

Otro propósito de la formulación de herbicidas son: (1) aumentar la fitotoxicidad del mismo;(2) proporcionar un manipuleo más ágil, fácil y económico por el usuario; (3) mejorar la vida útil al protegerlo de las condiciones ambientales adversas en su tránsito o almacenaje.

Las formulaciones son mezclas cuidadosamente preparadas de uno o varios herbicidas combinados con aditivos adecuados , diseñadas para brindar máxima efectividad para el uso prescripto.

Las propiedades de la formulación y surfactantes se discuten a continuación.

### FORMULACIONES

Las formulaciones varían de acuerdo con la solubilidad del herbicida y la manera en que el mismo es aplicado. En general los herbicidas son aplicados en pulverizaciones donde el vehículo es el agua y en una muy menor dimensión el vehículo puede ser algún aceite o una formulación seca, tal como un granulado. Las clases de formulaciones herbicidas son:

1. Soluciones en agua o aceites.
2. Concentrados emulsionables.
3. Polvos mojables.
4. Suspensiones concentradas o fangos.
5. Granulados.
6. Pellets.
7. Aglomerados.

Algunos pocos herbicidas pueden estar formulados como formulaciones especiales tales como barras de cera y fumigantes. Debido al riesgo de deriva los herbicidas no se aplican como polvos o formulaciones en aerosol.

## 1. Soluciones

La aplicación de herbicidas como soluciones presenta pocos problemas en el caso que el herbicida sea realmente soluble en agua o aceite. Una típica formulación de un herbicida soluble en agua consiste del herbicida, agua como solvente y surfactantes seleccionados agregados para mejorar las propiedades de mojado y penetración de la solución vehículo final. Para aplicaciones a campo, la formulación es mezclada con agua como vehículo. La parte principal de la formulación esta formada por agua ( su mayor proporción) y en algunos casos es necesario incluir un anticongelante en la formulación si el producto está sometido a temperaturas bajo cero durante su almacenaje.

En el caso de productos solubles en aceites , el solvente es un aceite de petróleo, tal como kerosene y la mayor proporción de la formulación es el solvente. También deben ser agregados surfactantes, puesto que los mismos afectan la actividad de los herbicidas tanto en pulverizaciones acuosas como cuando el vehículo es un aceite.

Generalmente las formulaciones de herbicidas solubles son líquidas , pero en algunos casos son sólidas, productos solubles que consisten del mismo herbicida, tales como formulaciones en polvos solubles, gránulos, pellets, etc. En cada caso, el herbicida soluble en agua o en aceite está en una solución verdadera con su respectivo vehículo.

*Solución es una mezcla física homogénea de dos o más sustancias ; cada porción de la solución es idéntica en su contenido. Los constituyentes de la solución no pueden ser observados separados ni pueden ser separados mecánicamente , permaneciendo en un estado molecular o iónico.*

## 2. Concentrados emulsionables

Los herbicidas insolubles en agua están frecuentemente formulados como concentrados emulsionables para permitir su aplicación a campo usando agua como vehículo. Este tipo de formulación es la más común en aquellos herbicidas que son líquidos y el agregado de estas formulaciones símil aceite al agua produce una emulsión en la cual el agua es la fase externa o continua y la gota de herbicida-solvente es la fase discontinua. Este tipo de mezcla es conocida como una emulsión aceite-en-agua o emulsión normal. En una dilución adecuada las emulsiones normales proveen fluidos de baja viscosidad los cuales no presentan problemas de mezclado, bombeado o pulverizado.

Para reducir los problemas de deriva, pueden emplearse emulsiones de alta viscosidad en las cuales el aceite es la fase externa o continua y las gotas de agua son la fase discontinua.

Tales formulaciones son conocidas como emulsiones de agua-en-aceite o emulsiones invertidas. Ellas son generalmente demasiado viscosas para ser pulverizadas con equipos convencionales, y es necesario usar equipos especiales en el cual las dos fases son mezcladas en el momento en que ellas salen de orificios separados. Con las emulsiones agua-aceite (invertidas) el herbicida puede estar localizado ya sea en la fase aceitosa o en la acuosa, mientras que en una emulsión normal de aceite-en-agua el herbicida siempre está contenido en la fase aceitosa.

Una formulación típica concentrado emulsionable consiste del herbicida, un solvente del herbicida, emulsificador y otros aditivos que tienen una función definida, tales como antiespumantes, o aditivos para mejorar el mojado, etc. La mayor proporción de una formulación concentrado emulsionable es el componente aceitoso. El agente emulsionante es comúnmente un adjuvante no-iónico; el mojante es usualmente un surfactante aniónico.

Una emulsión es un sistema heterogéneo consistente de al menos un líquido inmiscible dispersado íntimamente en otro en la forma de gotitas, cuyos diámetros en general exceden los 0.1 micrones. Tales sistemas poseen mínima estabilidad, pero pueden ser aumentados por aditivos tales como surfactantes o sólidos finamente divididos. La leche es un ejemplo de una emulsión de aceite-en agua en la cual la grasa esta dispersa en agua, con la caseína actuando como el agente emulsificante. La mayonesa y la manteca son ejemplos de emulsiones invertidas (agua-en-aceite) en las cuales el agua esta dispersa en aceite vegetal o grasa animal, respectivamente.

### **3. Polvos mojables**

Los herbicidas de muy baja solubilidad en agua, aceite o solventes comunes son formulados como polvos mojables. Tales formulaciones están compuestas del herbicida (polvo fino), un diluyente (polvo fino, sólido hidrofílico, tales como bentonita o atapulgita), y diversos surfactantes. Comúnmente el herbicida en polvo fino forma parte en peso del 50-80 % de la formulación del polvo mojable, siendo el resto formando por el diluyente y los adecuados surfactantes. Los surfactantes que se emplean en los PM tienen la características de que siendo sólidos, no se aglutinan y no son higroscópicos. Para aplicaciones a campo los polvos mojables se mezclan con agua como vehículo, no usándose aceites para este propósito. Mezclados con agua, las formulaciones forman suspensiones, más bien que soluciones o emulsiones. Las suspensiones requieren agitación vigorosa y continua para evitar la tendencia a que las partículas en suspensión sedimenten.

La más importantes propiedades físicas de un polvo mojable son sus características suspensivas; tales formulaciones deben ser acondicionadas para evitar que sus finos ingredientes pierdan independencia y tiendan a apelmazarse y fusionarse (flocular). El agente de suspensión (surfactante) en la formulación tiene dos funciones: (1) deflocular las partículas individuales para que ellas formen una dispersión homogénea y (2) estabilizar el sistema disperso y reducir la sedimentación en el tanque pulverizador. Los materiales que son empleados como agentes suspensivos incluyen lignosulfonatos de sodio, metilcelulosa, silicato de aluminio, acetato de polivinilo, productos de condensación de formaldehído-naftalene-acidosulfónico. Estos agentes tienen muy pocas propiedades mojantes y deben ser adicionados con surfactantes en la formulación. Los agentes mojantes empleados en la formulación PM son en general sólidos aniónicos de baja higroscopicidad ; entre estos productos incluyen dialkilsulfosuccinatos de sodio, laurilsulfato de sodio, nalfalenos alquilados y sulfonatos bencenicos.

Debe tenerse precaución en la elección del diluyente hidrofílico del PM para evitar problemas de incompatibilidad. Ciertos diluyentes pueden inactivar el herbicida por fuerte adsorción o por fomentar su descomposición catalítica. La mayoría de las formulaciones en PM tienen una finura suficiente para atravesar el filtrado de filtros de 50 mallas, pero no lo suficiente para atravesar filtros de 100.

Si bien el termino *polvo mojable* es ampliamente usado para identificar este tipo de formulación, otro término muy usado es el de *polvo dispersable en agua*. Este término es más correcto pues el hecho más importante en un polvo mojable no es que él pueda ser "mojado" sino que los mismos son convertidos en una suspensión en agua con un cierto grado de estabilidad.

#### **4. Fangos ("Flowables" ,material sólido terroso muy fino en un vehículo líquido).**

Las formulaciones conocidas como "tipo fangos" son concentrados en dos fases, que contienen un herbicida sólido o líquido suspendido en un líquido. Si bien se emplea usualmente agua, el líquido usado como vehículo para la suspensión puede ser cualquier líquido capaz de mantener un concentrado estable y asimismo capaz de entrar en suspensión o solución en agua.

En general son dispersiones acuosas "concentradas" (ya preformadas) de pesticidas técnicos, los cuales se aproximan a los CE en su facilidad de dispersarse en agua. Se distinguen de los Concentrados Acuoso (solubles) en que el pesticida técnico es insoluble en agua.

Estos productos contienen poco o nada de solvente orgánico, entonces la posibilidad de fitotoxicidad es reducida.  
Se dividen en:

1. Emulsivos.
2. Suspensivos.

Los "flowables" son líquidos altamente viscosos (de no fácil volcado) y tienden a separarse durante el almacenaje o durante el transporte, requiriendo un cuidadoso agitado antes de su uso. Cuando un "flowable" se separa, las partículas más pesadas tienden a moverse hacia el fondo del recipiente ("aterronado") y los líquidos más livianos, como el caso de aceite en agua, se colectan en la parte superior. El agua es el vehículo ("carrier") de las formulaciones "flowables".

## **5. Gránulos**

Por conveniencia en la aplicación de ciertos herbicidas se los puede formular como granulados.

Tales formulaciones consisten en el herbicida que está adherido a la superficie de una partícula inerte de mayor tamaño, tal como vermiculita, arcillas o arena.

El herbicida forma menos del 10% de la formulación, en general 4-6%. Estas formulaciones son aplicadas como gránulos secos, tal como son comercializadas, sirviendo el gránulo como vehículo del herbicida. Se pueden distribuir por equipos mecánicos o en forma manual.

## **6. Pellets**

Estas formulaciones son similares a las granulares, con la diferencia que el tamaño de los pellets es mucho más grande que la de los gránulos. Son aplicados en forma similar sirviendo el pellets de "carrier" del herbicida.

## **7. Glómulos ( liberación lenta)**

Son similares a las formulaciones granulares, con la diferencia en que el herbicida es mezclado completamente a la partícula granular en vez de adherirse a ella. Son aplicados casi siempre como los granulos secos. El glómulo sirve como vehículo (carrier) del herbicida. Este tipo es la típica formulación de liberación lenta o controlada o la formulación peleteada que tiende a descomponerse lentamente después de la aplicación, liberando su producto activo herbicida en un lapso prolongado de tiempo.

## **Vehículos**

Excepto en los casos de las formulaciones granuladas (gránulos, pellets y glómulos) la formulación en sí misma no se considera que es el vehículo del herbicida ("carrier"). Más bien con estas excepciones, el vehículo sirve como diluyente de la formulación. Entonces el vehículo forma el cuerpo de material (líquido, sólido o espuma) en el cual se mezcla la formulación para lograr su

uniforme distribución en grandes áreas. Comparativamente se usa una pequeña cantidad de formulación en relación a un gran volumen de vehículo, por ejemplo 1 litro de formulación en 100 litros de agua. El vehículo más comúnmente empleado es el *agua*, en algunos casos pueden emplearse aceites o espumas. En algunas instancias el herbicida puede aplicarse en muy bajos volúmenes ( menos de 1 litro) por hectárea. En tales casos la formulación líquida se aplica en forma pura y la misma formulación es el vehículo del herbicida.

## **SURFACTANTES**

Los surfactantes son comúnmente empleados en las formulaciones de herbicidas para impartir o aún aumentar las propiedades deseables de las formulaciones y más aún, la de la mezcla del pulverizado final. Se emplean en las formulaciones líquidas ( solubles, emulsificables) y secas (PM) que se aplican usando agua como vehículo.

Los surfactantes facilitan o aumentan la emulsividad, dispersión, mojado, distribución, adherencia, penetración y otras propiedades de modificación de las superficies de los líquidos.

Ellos son compuestos que producen cambios físicos en la superficie de los líquidos, ocurriendo dichos cambios en la interfase entre dos líquidos, o entre un líquido y un gas o sólido. Debido a los cambios que ellos producen en las superficies, los surfactantes se conocen como agentes con actividad superficial. Las aplicaciones prácticas de los surfactantes son debidas a su tendencia a ser absorbidos en la interfase entre la solución y la fase líquida, sólida o gaseosa adyacentes .

Todos los surfactantes poseen la forma común de un grupo soluble en agua (**hidrofílico**) adherido a una larga cadena hidrocarbonada soluble en aceite (**lipofílico**). Estos dos grupos pueden estar directamente encadenados o pueden estar adheridos indirectamente a través de un grupo intermediario. Pequeñas diferencias en la estructura del surfactante afectan grandemente su comportamiento. En los surfactantes aniónicos cuando más cerca está el grupo hidrofílico al final de la cadena hidrocarbonada mejor funciona como detergente, mientras que similar compuestos con este grupo localizado cerca de la mitad de la cadena hidrocarbonada funcionan como excelente agentes mojanter. Los surfactantes pueden por sí mismos ser fitotóxicos, y la fitotoxicidad de isómeros de surfactantes aniónicos alquilbenzenosulfonatos se incrementa cuando (1) la posición del grupo benceno se mueve a la mitad de la cadena (átomo carbono 5 o 6) del n-dodecyl grupo alílico (2) a través del uso del uso de grupos dodecyl altamente ramificados o (3) por substitución de un átomo de oxígeno ester del grupo del benceno. Cuando las características estructurales de un surfactante y un herbicida fueron incorporadas en la misma molécula formando largas cadenas de sal alquilamina del 2,4-D se estableció que las características estructurales asociadas con la actividad herbicida en

pulverizaciones acuosas fueron aquellas las cuales contribuyen a las características hidrofílicas de los surfactantes; las características estructurales lipofílicas contribuyen a la inactividad. En soluciones acuosas todas estas sales del 2,4-D exhiben actividad superficial característica de surfactantes.

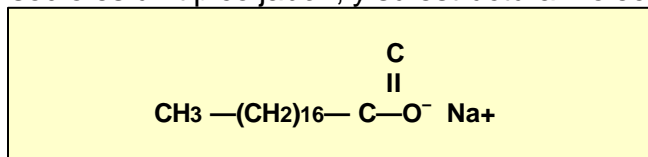
Cualquier surfactante posee generalmente en algún grado más que otro, si no todas, propiedades características de surfactantes en general. Por supuesto, una propiedad usualmente predomina, formando la base para la clasificación, por ejemplo, cosolventes (agentes de enlace), agentes estabilizantes ( emulsificantes, dispersantes), agentes mojantes, dispersantes, penetrantes, agentes formadores de depósitos, agentes higroscópicos, activadores o sinergistas, detergentes. Los surfactantes son normalmente clasificados en 4 grandes grupos, lo cual se basa en la ionización en agua; estos grupos son:

- Aniónicos .
- Catiónicos.
- No iónicos.
- Anfotéricos

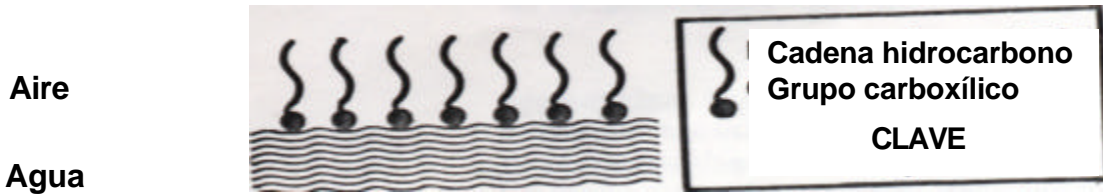
Los surfactantes aniónicos y catiónicos se ionizan cuando se mezclan con agua, y ellos deben sus propiedades de actividad superficial a sus aniones y cationes, respectivamente. Los surfactantes no-iónicos no se ionizan en soluciones acuosas. Los anfotéricos actúan ya sea como aniónicos o catiónicos, dependiendo de la acidez de la solución. Los surfactantes en general son categorizados comúnmente como jabones o surfactante sintéticos.

## JABONES

Los jabones son los más antiguos y conocidos de los surfactantes. En general los jabones son sales de sodio y potasio de ácidos grasos débiles conteniendo cadenas hidrocarbonadas derechas de 12-18 átomos de Carbono. El estearato de sodio es un típico jabón, y su estructura molecular es:

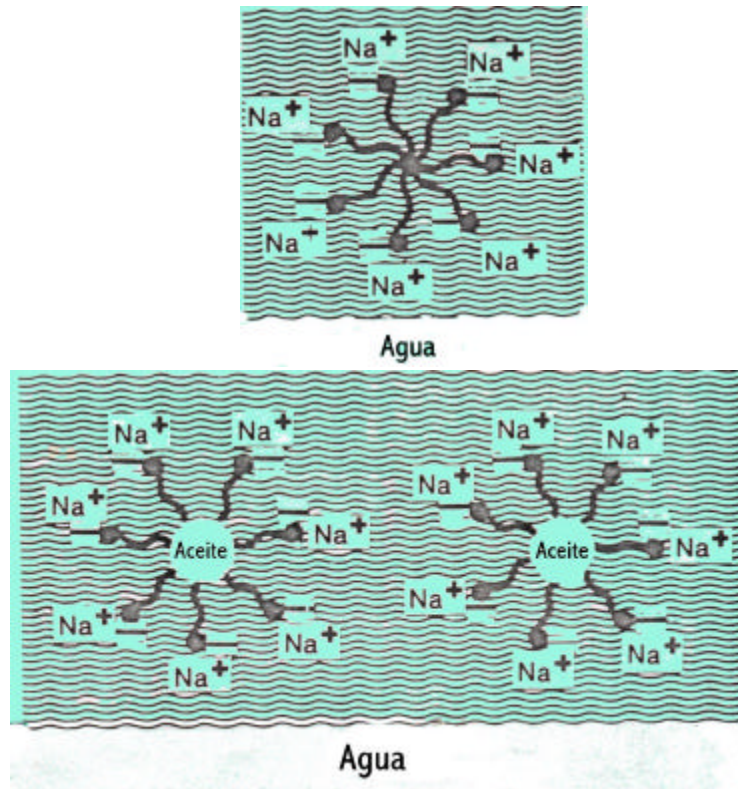


El grupo polar, hidrofílico (  $-\text{COO}^- \text{Na}^+$ ) de la molécula es soluble en agua (fig 1-1) mientras el no-polar, la porción lipofílica, ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}$ ) es soluble en aceite. Los jabones deben sus propiedades surfactantes a su porción aniónica (cargada negativamente); entonces, los jabones son surfactantes aniónicos.



**Figura 1-1:** Film de terminales carboxílicas ácidos sobre agua, mostrando la orientación de las terminaciones polares de cada molécula hacia la superficie del agua.

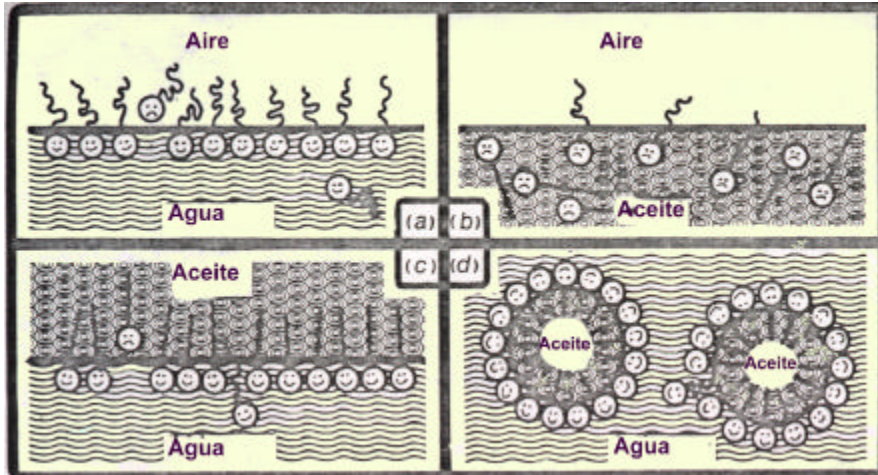
Cuando los jabones se disuelven en agua, se forma una solución coloidal más bien que una verdadera solución, la cual contienen agregados o micelas de las moléculas del jabón (fig 1-2).



Cuando se agrega una pequeña cantidad de aceite a la solución del jabón, y la mezcla es agitada se forma una emulsión del aceite en el jabón (fig 1-3). En esta solución, las moléculas del jabón rodean las finas gotitas del aceite, con sus "colas" lipofílicas embebidas en el aceite y sus terminaciones hidrofílicas estabilizando las gotas en la solución de agua. La carga superficial de las gotitas las mantiene separadas evitando su unión o coalescencia. Las soluciones jabonosas tienen inusualmente una baja tensión superficial. Es una



combinación de acción superficial y propiedades emulsificantes lo que permite a las soluciones jabonosas servir como agentes de limpieza, rodeando y arrastrando la suciedad, grasas y partículas aceitosas. La acción del jabón como surfactante es ilustrado en la figura 1-4.



Fuente: Unresting Cells, by Harper and Row.

**Fig 1-4.** (a) Las "cabezas" (cargas o porción hidrofílica) de las moléculas de jabón son solubles en agua, pero sus porción hidrocarbonada (lipofílica) no lo es. (b) En aceite ocurre lo inverso. (c) En una interfase agua-aceite, las partes hidrofílicas y lipofílicas de las moléculas de jabón se orientan a si mismas con respecto al líquido en el cual las mismas son solubles. (d) Cuando gotas de aceite son mezcladas con una solución jabonosa, las moléculas de jabón rodean las gotas de aceite para formar una emulsión.

Los jabones tienen la desventaja de que forman rápidamente sales insolubles con iones calcio, magnesio, férrico en aguas duras. Estas sales precipitan de la solución y forman una nata, consumiendo el jabón. Los jabones no pueden ser usados en soluciones ácidas porque forman sales insolubles con iones de la solución.

### Surfactantes sintéticos

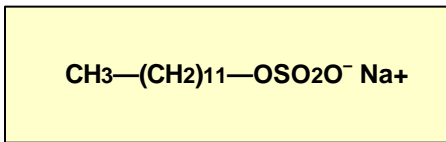
Para superar la desventaja de los jabones, se han desarrollado los surfactantes sintéticos. Estos productos no forman precipitados con los iones de Calcio, Magnesio y Hierro, y pueden ser usados con la misma eficiencia en aguas duras y blandas. Los surfactantes sintéticos son similares a los jabones en que ellos poseen un grupo no polar, lipofílico, compuesto de una larga cadena hidrocarbonada de 12- 18 átomos de carbono, y una porción de gran polaridad, hidrofílica. Por supuesto, es en este grupo hidrofílico en el que ellos se diferencian de los jabones. La porción hidrofílica de los jabones es debida al polar grupo carboxilo ( $\text{— COOH}$ ), mientras que los surfactantes sintéticos esta propiedad es debida a los altamente polares grupos ésteres sulfónico ( $\text{—$

SO<sub>3</sub>H) o sulfúrico (—OSO<sub>3</sub>H) o en el caso de los surfactantes no iónicos a cadenas de unidades de hidrocarburos de dos átomos de Carbono enlazados juntamente por un átomo de Oxígeno (CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—O ). Estos unidades de hidrocarburo son llamadas *grupos oxyetilénicos* o menos correctamente pero más comúnmente *grupos oxido etilénicos*.

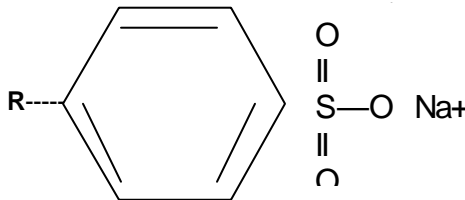
Los surfactantes sintéticos aniónicos pertenecen principalmente a uno de los tres tipos básicos:

- (1) sulfonatos alkilaromáticos ( alkilarilsulfonatos);
- (2) ésteres sulfúricos (sulfatos de alcoholes grasos);
- (3) alkilsulfonatos.

Los grupos hidrofílicos más importante asociados con los surfactantes aniónicos son: (1) ácido sulfónico (—SO<sub>3</sub>H); (2) éster sulfúrico (—OSO<sub>3</sub>H) y (3) grupo carboxilo (— COOH). Existen otros de menor importancia. Cada porción hidrofílica esta unido directa o indirectamente a la porción lipofílica de su respectivas moléculas. Algunos surfactantes aniónicos contienen dos grupos hidrofílicos diferentes, por ejemplo, algunos ácidos grasos sulfatados contienen grupos carboxílicos y grupos éster sulfúrico en la misma molécula. El laurilsulfato de sodio es un surfactante aniónico típico del tipo éster sulfúrico y su estructura molecular es como sigue:



La estructura típica de un alkilarilsulfonato es:



Donde R es una cadena hidrocarbonada de alrededor de 12 átomos de carbono.

Los surfactantes sintéticos son los únicos surfactantes que son empleados en la formulaciones y el término **surfactante** puede ser usado sinónimamente con el término surfactante sintético.

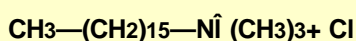
Los surfactantes aniónicos son usados en las formulaciones de herbicidas solos o en su mayoría en mezclas( "blends") con surfactantes no-iónicos. Los surfactantes aniónicos tienen la desventaja que ellos pueden reaccionar con otros iones , aún el herbicida mismo, en la formulación o en el líquido a pulverizar. No obstante, como grupo su propiedad de actividad superficial más destacada es que son excelentes agentes mojantes. Los surfactantes aniónicos son también buenos detergentes y hasta el desarrollo

de los surfactantes no iónicos ellos fueron la principal fuente de detergentes. La acción de un detergente aniónico como agente de limpieza se ilustra en la figura 1-5.

Los surfactantes catiónicos derivan del amonio (NH<sub>3</sub>) y son conocidos frecuentemente como sales de amonio cuaternario. En esta clase de surfactantes los grupos más prevalente capaces de ionizarse son los grupos amino primarios, secundarios y terciarios y los de amonio cuaternario.

Una amina se forma cuando uno o más de los átomos de hidrógeno son reemplazados por grupos hidrocarbonados y cuando los tres átomos de H son reemplazados el componente resultante son conocidos como aminas terciarias. Las aminas terciarias se combinan con ciertos grupos alquílicos para formar sales de amonio cuaternario. Cationes de amonio cuaternario pueden ser formados también cuando cada uno de los cuatro átomos de hidrógeno del ión amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) son reemplazados por grupos alquílicos.

Las sales de amonio cuaternario son surfactantes catiónicos en las cuales una de las cadenas de hidrocarbónos es del mismo orden de longitud que aquellas de los ácidos grasos, usualmente 12-20 átomos de carbono. El cloruro de cetiltrimetilamonio es un típico surfactante catiónico:



Los surfactantes catiónicos no son generalmente empleados en las formulaciones herbicidas. Son generalmente fitotóxicos y son bactericidas altamente efectivos. Precipitan rápidamente en aguas duras y son pobres detergentes.

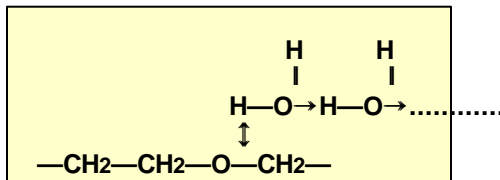
Los surfactantes no-iónicos son un grupo relativamente nuevo de surfactantes, comenzando a ser usado desde la década de los años 60. Si bien ellos fueron descubiertos y patentados en 1930 por C. Schöller , un químico alemán, no fue hasta 1957 que un surfactante no iónico puro, homogéneo con respecto a la longitud de la cadena alquílica y longitud de la cadena oxietilénica fue producido. Los surfactantes no iónicos constituyen ahora la parte mayor de la producción total de surfactantes.

Los surfactantes no iónicos no se ionizan en solución acuosa. De allí que no sean afectados por el agua dura, esto es, no forman sales insolubles con iones calcio, magnesio, férrico ,etc. También pueden ser usados en soluciones ácidas fuertes. Tiene baja toxicidad y en general, baja fitotoxicidad. La propiedad sobresaliente de los surfactantes no iónicos es su actividad como emulsificadores, formando emulsiones estables. Son buenos agentes dispersantes y excelentes detergentes. Forman menos espuma que los surfactantes aniónicos y son considerados agentes espumantes leves a

moderados. Son más solubles en agua fría que en agua caliente , una relación inversa de temperatura-solubilidad. Los surfactantes no iónicos son usados como emulsificadores en las formulaciones de herbicidas del tipo de los concentrados emulsionables. Para incrementar las propiedades mojantes de estas formulaciones los surfactantes aniónicos son mezclados en "blends" con los no iónicos.

El término *surfactante no-iónico* se refiere principalmente a derivados de los polioxietileno y polioxipropileno. No obstante, los polioxietilenoalkilfenoles comprenden el mayor volumen de producción entre los surfactantes no iónicos con un amplio espectro de aplicaciones como productos industriales y del hogar. Otros surfactantes no iónicos son derivados de anhidrohexitol, esterés de azúcar, amidas alcohólicas grasas, y óxidos de aminas grasas.

Los surfactantes no iónicos consisten de una cadena hidrocarbonada lipofílica , tal como fenoles alquílicos , ácidos alifáticos (especialmente ácidos grasos) y el correspondiente alcohol , adheridos a una segunda cadena la cual es hidrofílica y compuesta de grupos oxietileno ( $\text{CH}_2\text{---CH}_2\text{---O}$  ). En soluciones acuosas , las moléculas de agua son enlazadas a los eter oxígeno ( $\text{CH}_2\text{---O---CH}_2$ ) de la cadena del oxietileno por "enlaces" hidrógeno (ver figura N° 1-6). Cuando más grupos oxietileno forman la cadena, más grande es el enlace total de hidrógeno , dando como resultado un incremento de la solubilidad en agua del surfactante no iónico. Dependiendo de la naturaleza del grupo lipofílico, al menos 4-6 unidades oxietileno por molécula son necesarias para lograr un surfactante soluble en agua, siendo lo común 10-12 de estas unidades.



**-Figura 1-6** : Esquema de hidratación de una cadena polieter.

Los surfactantes no iónicos pueden ser identificados por relación existente entre la longitud de sus cadenas hidrofílicas y lipofílicas, una relación que se conoce como balance hidrofílico- lipofílico (HLB). En la práctica el HLB está representado por una escala arbitraria en la cual los surfactantes menos hidrofílicos tienen valores bajos de HLB y los valores se incrementan con el mayor carácter hidrofílico. En general, los valores de HLB pueden ser usados en la selección de un surfactante no iónico para un propósito determinado.

**Tabla 1-1**

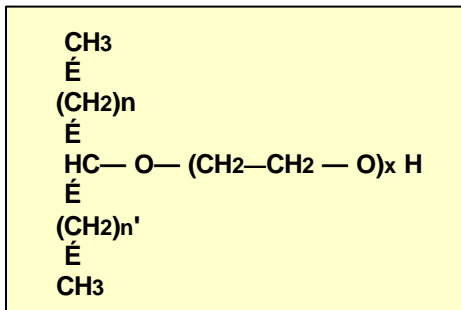
<b>Correlación entre valores HBL* y la propiedad predominante de surfactanes no-iónicos</b>	
<b>Rango HBL</b>	<b>Propiedad</b>
3-6	Emulsificador agua en aceite†
7-9	Agente mojante
8-15	Emulsificador aceite en agua††
13-15	Detergente
15-18	Solubilizador

**\*Balance hidrofílico-lipofílico.**

† Emulsión invertida.

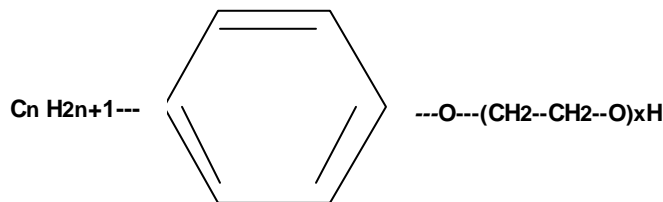
†† Emulsión normal.

La estructura general de un surfactante no iónico tipo eter alkilpolioxietilenoglicol es:



Donde n y n' muestran el número de grupos (CH<sub>2</sub>) que sus respectivas unidades que forman la cadena alquímica y x muestra el número de unidades de oxietileno que forman la cadena polioxietileno.

La estructura general de un surfactante no iónico alkilfenolpolioxietileno glicol eter es:



Donde n muestra el número de átomos de carbono en la cadena alquímica y x muestra el número de unidades oxietilénicas en la cadena polioxietileno.

Una lista de los principales surfactantes de los tres principales grupos se presenta en la Tabla 1-2.

<b>Productos representativos de cada una de las 3 clases de surfactantes</b>	
<b>Tipo de adjuvantes</b>	<b>Nombre químico</b>
<b>Aniónicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lauril sulfato de sodio</li> <li>-Ácido alkilsulfínico sal amina</li> <li>-Dodecilbencenosulfonato de sodio</li> <li>-Estar alkílicosulfonado</li> <li>-Sulfonatoalkílico</li> <li>-Acidosulfosuccinico dioctylester</li> </ul>
<b>Catiónicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lauriltrimetilcloruro de amonio</li> <li>-Esteariltrimetilcloruro de amonio</li> <li>-Dilauriltrimetilcloruro de amonio</li> <li>-Heptadecylimadazolinium cloruro</li> </ul>
<b>No iónicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sec-butilfenoxi-polipropileneoxy-polietileneoxi-etanol</li> <li>-Alkilarilpolioxietilene glicoles; acidos grasos libres; isopropanol.</li> <li>-alkilfenoxipolietoxi.</li> <li>-polioxietilene tioeter.</li> <li>-dodecileterpolietilene glicol</li> <li>-isooctilfenilpolietoxi glicol</li> <li>-octilfenilpolietoxi etanol</li> <li>-polioxietilene sorbitan monolaurate.</li> <li>-nonilfenilpolioxietilene glicol eter</li> </ul>

### **Surfactantes y fitotoxicidad**

La adición de surfactantes a la formulación del herbicida y soluciones a pulverizar puede no tener efecto sobre la fitotoxicidad herbicida o puede aumentar o retrasar esta fitotoxicidad. Puede haber interacciones entre el herbicida y los surfactantes en la formulación o en la solución a pulverizar y tales reacciones pueden ya sea no tener efectos sobre la subsiguiente fitotoxicidad del herbicida o pueden reducir su efectividad.

En soluciones acuosas los surfactantes empleados solos pueden ser fitotóxicos; también pueden inducir efectos fisiológicos, bioquímicos o morfológicos que pueden ser ya sea estimulatorios o inhibidores en las plantas. La fitotoxicidad de un surfactante puede afectar adversamente la actividad del herbicida por limitar su penetración y/o translocación en la planta.

El lugar principal donde los surfactantes puede aumentar la actividad del herbicida es en el punto de aplicación o en los tejidos inmediatamente vecinos del tejido de las plantas. El incremento de la fitotoxicidad de un herbicida es debido primariamente, a un efecto de aumento por acción surfactante, en la

penetración del herbicida al interior de la planta. Los surfactantes aparentemente no facilitan el transporte del herbicida per se, excepto una posibilidad en el apoplasto.

Los herbicidas son absorbidos por el follaje de la plantas a través de dos caminos de acceso, uno de los cuales es hidrofílico y el otro lipofílico. Smith y Foy propusieron la siguiente hipótesis sobre el modo de acción de los surfactantes como ayuda a la penetración de herbicidas en las plantas por la vía hidrofílica: *"Las moléculas de un surfactante se difunden desde la gota de pulverizado al interior de la cutícula de las hojas, quizás vía imperfecciones y roturas y entonces posiblemente se alinean a ellas mismas en paredes monocelulares con sus terminaciones no polares orientadas en la cutina y cera. Los terminales polares podrían entonces formar una pared cuyo tamaño depende de la longitud de la cadena hidrofílica de las moléculas del surfactante. Las paredes o "el canal hidrofílico" los cuales presumiblemente atraen el agua, producen una turgencia de la cutícula. Entonces, se forman especies de canales o poros a lo largo de los cuales las moléculas de los diversos herbicidas pueden difundirse de acuerdo a sus propiedades químicas, tales como solubilidad, carga química residual, propiedades polares, etc."*

### **Mezcla de formulaciones herbicidas**

La mezcla de formulaciones herbicidas, insecticidas, etc. es una técnica cada vez más difundidas, con una tendencia hacia su uso en incremento. En estas mezclas muchas veces van involucrados además surfactantes de todo tipo y hasta productos fertilizantes en adición al vehículo principal que está constituido por aguas de diversa calidad .

Por supuesto, es importante considerar que los constituyentes de tales mezclas deben ser compatibles para evitar daños a las plantas, pérdida de actividad del pesticida y perjuicio económico.

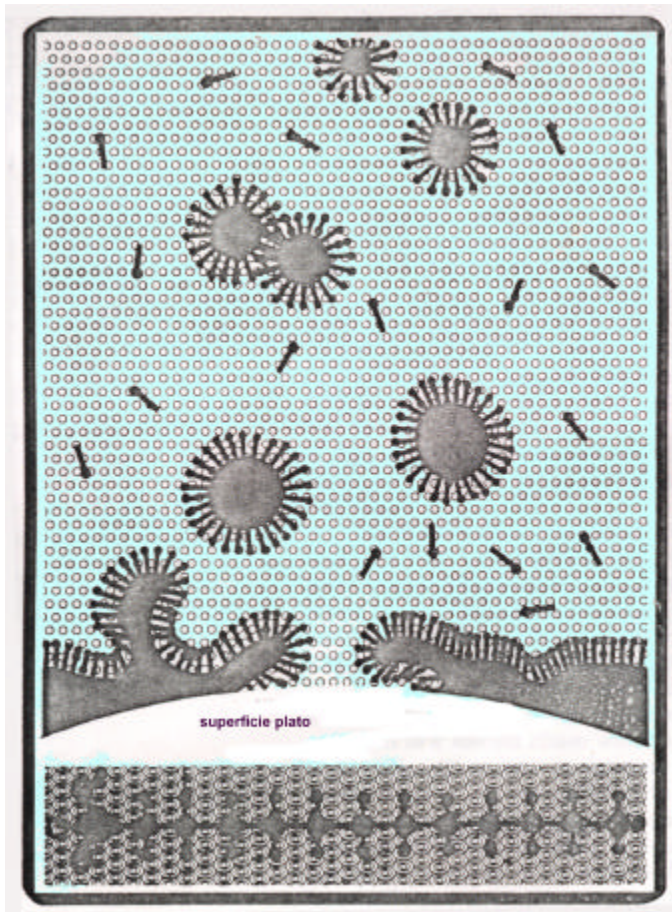
La incompatibilidad de tales mezclas puede ser el resultado de: **(1) reacción química** entre los componentes individuales de la mezcla, tales como reacciones entre el tóxico activo de una formulación con el activo o con agentes involucrados en la otra formulación; **(2) reacciones físicas**, tales como floculación de suspensiones o la adsorción de un tóxico activo de una formulación al diluyente de la otra, caso de un polvo mojable.

Se disponen de cartas de compatibilidad de diversas mezclas de pesticidas; no obstante las propiedades de los aditivos de las formulaciones tales como solventes y surfactantes, muchas veces especiales en formulaciones diversas, no son considerados dentro de estas cartas.

Las reacciones, tanto químicas como físicas, que llegan a involucrar surfactantes los cuales estabilizan las emulsiones o suspensiones , pueden destruir las propiedades de las formulaciones en la mezcla a pulverizar. El

agregado de un surfactante catiónico a una emulsión donde el emulsificador es de carácter aniónico puede llevar a la rotura de la emulsión debido a la precipitación del complejo anión-catión.

En los años 60's existían unos 100 activos herbicidas para ser usados en unas 6000 formulaciones diferentes. En la actualidad existen varios centenares de productos activos herbicidas, insecticidas, fungicidas, etc. que pueden estar involucrados en mezclas de aplicación simultánea a campo.



**Figura1-5-** Los detergentes remueven las sustancias grasas de las superficies engrasadas debido a que ellos contienen una molécula de "doble cabeza" como se ve en la figura. La cadena larga de una cadena de unidades  $—CH_2—$  está adherida a grupos sulfónicos  $—SO_3H$ , un átomo de azufre ligado a tres átomos de Oxígeno a uno de los cuales un átomo de Hidrógeno está unido por un enlace iónico, el cual se rompe cuando el componente se disuelve en agua. Este grupo tiene una fuerte afinidad con el agua, mientras que la cadena tiene una gran afinidad con las sustancias grasas y es similar en su composición química. Las cadenas de una gran número de moléculas se adhieren a moléculas de la sustancia grasa ( como se ve en la superficie del plato) y empujadas por la atracción del agua al otro extremo de las moléculas rompen la sustancia grasa en pequeños glóbulos y flotan con ellos en el agua.



## **ADJUVANTES**

Una de las evoluciones más importantes en lo referente al control de malezas en cultivos en la última década ha sido el desarrollo de herbicidas de acción de contacto de mayor potencia (dosis muy reducida) y espectro de control más especializado, los cuales requieren un grado de experiencia alto para su uso eficaz y sin riesgos en malezas .

Muchos de estos nuevos activos requieren el agregado de productos adjuvantes para asegurar su actividad especialmente en condiciones climáticas no adecuadas, tipo de objetivo, vehículos, etc. Los productos conocidos como adjuvantes son químicos especializados que deben ser evaluados en su uso con cada herbicida particular respecto de su espectro de control y su impacto sobre el cultivo y el medio ambiente, para asegurarse que se obtiene un beneficio y no un inconveniente en las labores de buen manejo de malezas.

La efectividad de un herbicida postemergente depende de la retención de la gota del pulverizado y la absorción del producto por el follaje de la maleza. Los adjuvantes y la calidad del agua de la solución a pulverizar influyen la eficacia del herbicida Post. Los adjuvantes no son importantes en el uso preemergente de herbicidas residuales porque no existe una retención y absorción a través del follaje.

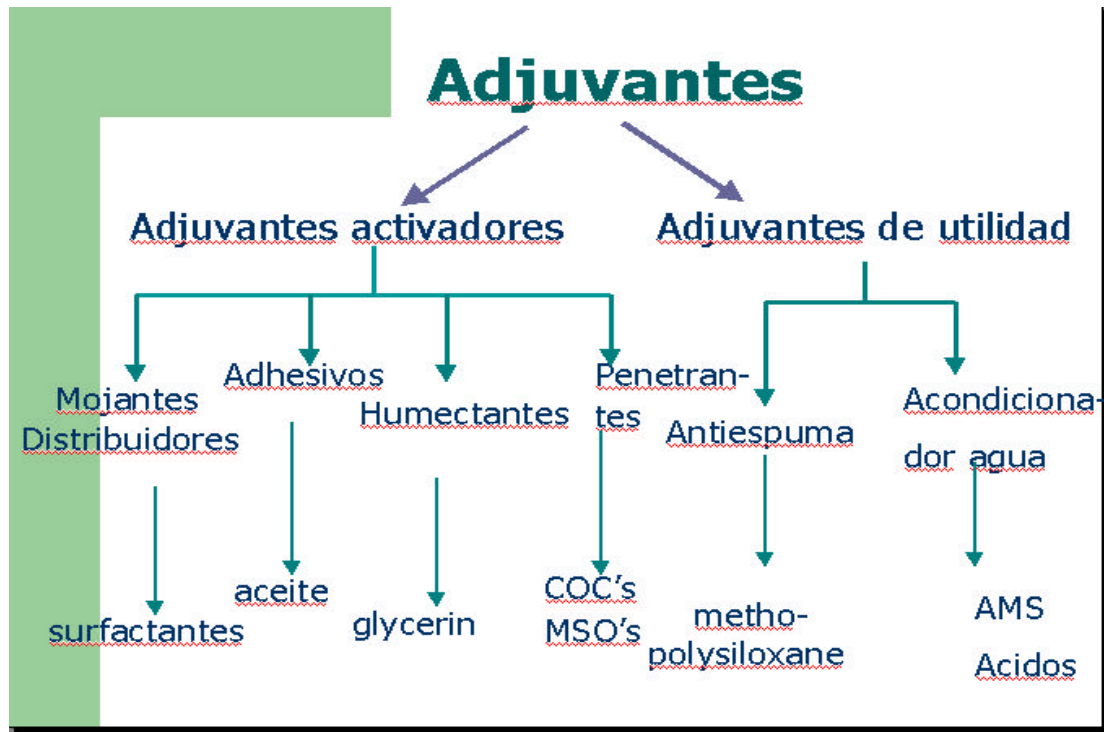
Se han hecho investigaciones que relacionan la mayor efectividad de los herbicidas a ciertas propiedades de los adjuvantes que influyen la gota del pulverizado, como la retención, deposición, absorción, y HBL. Los resultados no han dado una certeza en determinar el nivel de aumento del efecto herbicida. De allí la necesidad de su uso en condiciones probadas para cada situación particular.

Idealmente cada adjuvante debería estar recomendado por el fabricante para su uso en herbicidas determinados. No obstante en la actualidad con la gran cantidad de adjuvantes en el mercado es poco probable conseguir plantear usos determinados, por lo que es necesario obtener un conocimiento de la terminología y características de los mismos.

Mientras los adjuvantes más conocidos son los que actúan sobre la eficacia del herbicida, existen hoy una gran cantidad de los mismos que actúan sobre la facilidad de uso de los herbicidas en la aplicación, en su permanencia y su retención en el cultivo y maleza.

### **Adjuvante**

Es una sustancia con actividad que se agrega a un herbicida o a una solución para aumentar la efectividad o influenciar sobre la performance del pulverizado.



Pueden utilizarse en dos formas:

1. Estar incluidos como parte de la formulación comercial.
2. Pueden agregarse a la solución como mezcla a tanque.

### **Categorías de adjuvantes:**

- I. Activadores
- II. Modificadores de la solución a pulverizar.
- III. Modificadores de la utilidad.

I. Adjuvante activador: aumenta la actividad biológica del herbicida más allá de lo que se obtiene usualmente sin su agregado. Se clasifican por sus características físicas en cuatro grupos principales:

- A: Surfactantes.
- B: Aceites vegetales.
- C: Aceites vegetales concentrados.
- D: Fertilizantes.

#### **A: Surfactante.**

Es un compuesto que mejora las emulsiones, dispersiones, difusión, mojado. Modifican las propiedades de la superficie de los líquidos. Las moléculas están compuestas por dos segmentos, el polar que es atraído por el agua y el no polar que es atraído por materiales no acuosos, como aceites.

Se clasifican en:

- aniónicos.
- catiónicos.
- anfólicos.
- no iónicos.

Desempeñan distintas funciones en las soluciones a pulverizar, dependiendo de la concentración que es empleada:

- en **bajas concentraciones** actúan principalmente como aceites humectantes. Disminuyen la tensión superficial de la gota pulverizada y aumentando el área cubierta por la misma sobre la superficie objetivo.
- en **altas concentraciones** actúan como emulsificantes. Una emulsión es un sistema compuesto por dos partes, una es fase continua y la otra una solución no miscible en la misma que se encuentra en estado de finas gotitas dispersas en el líquido y que gozan de estabilidad gracias al emulsificante.



## ASPECTOS DE LA ACTIVIDAD DE UN SURFACTANTE

Un componente de un adjuvante puede realizar múltiples funciones. El agregado de varios adjuvantes puede alterar el comportamiento característico de cada uno con relación al herbicida. Por ejemplo si agregamos un adjuvante activante tal como un surfactante y un agente buffer, puede cambiarse el comportamiento de uno o varios adjuvantes.

Los surfactantes son los adjuvantes activantes más empleados.

- A bajas concentraciones se aumenta el contacto y penetración del herbicida y el efecto sobre la maleza, pero se corre también el riesgo de fitotoxicidad del herbicida al cultivo.
- A mayores concentraciones el compuesto se extiende y penetra mejor, aumentando en muchos casos la velocidad de penetración, disminuyendo los riesgos por lluvia o la desactivación por el sol.
- También a altas concentraciones actúan como emulsionantes. Su acción evita que las gotas de aceite de la emulsión se coagulen y se separen de la fase continúa.

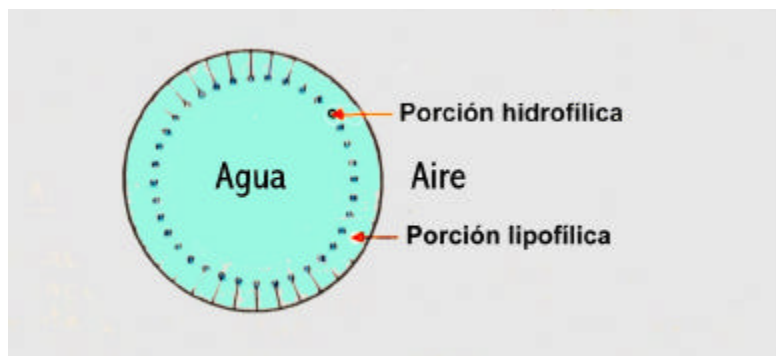
Se formula junto con el activo en los CE en la cantidad justa para la emulsión. Si se agrega a un CE un agente adicional como un aceite debe ser agregado un emulsionante adicional para evitar que el emulsionante de la formulación sea insuficiente para emulsificar el aceite adicional.

Las moléculas del surfactante están compuestas de dos porciones:

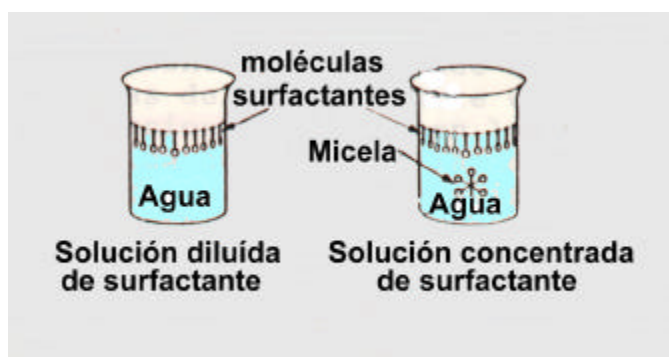
- Hidrofílica.
- Lipofílica.

En bajas concentraciones las moléculas del surfactante se orientan en la forma de la figura 1-6. En altas concentraciones las moléculas se unen en agregados al llegar a lo que se llama CMC (concentración de micelas crítico), cambiando abruptamente las características de los surfactantes. Fig 1-7.-

**Fig. 1.6.**



**Fig. 1.7**



En concentraciones mayores que las CMC los surfactantes parecen penetrar mejor y más rápidamente la superficie de las hojas. Con herbicidas esto significa que los herbicidas pueden penetrar mejor, con el consiguiente mejoramiento del efecto sobre la maleza pero con mayores riesgos al cultivo.

Los llamados Surfactantes siliconados reducen la tensión superficial de la gota del pulverizado permitiendo al líquido ingresar a los estomas de las hojas ( "flujo estomático"). Esto permite la entrada en la planta en forma diferente que los surfactantes que ayudan en la absorción a través de la cutícula de la hoja. Sin embargo esta rápida entrada de la solución pulverizada al interior de los estomas de las hojas a través del uso de surfactanes siliconados no siempre resulta en mejores controles de malezas. Este tipo de adyuvantes son también específicos para cada herbicida como el resto de los surfactantes.

### **B: Aceites**

Son aceites vegetales o minerales no fitotóxicos con combinaciones de 1-2% de surfactantes y cumplen funciones similares a los surfactantes.

### **C: Aceites concentrados**

Contienen hasta un 20% de surfactantes y su función es ayudar a la penetración de la cutícula y reducir la tensión superficial de las gotitas del pulverizado, aumentando también la retención de las mismas y prolongando el tiempo de secado.

Los aceites son usados en soluciones al 1% dependiendo del herbicida y del aceite.

Los adyuvantes aceites son derivados del petróleo, vegetales, vegetales metilados o aceites de semilla con el agregado de un emulsificador para su dispersión en agua. El emulsificador, la clase de aceite (petróleo, vegetal, etc) y el tipo específico de aceite dentro de una clase influyen en la efectividad del adyuvante. Los aceites de semilla metilados han sido específicamente activos con herbicidas como nicosulfuron, imazetapir, setoxidym, pero no son especialmente mejores con otros herbicidas que los aceites de petróleo. Los aceites vegetales

(no del tipo Metilado) son similares a los de petróleo, variando los resultados aún dentro de una clase determinada.

Los Fertilizantes conteniendo nitrógeno amoniacal han incrementado la efectividad de herbicidas como nicosulfuron, dicamba, acifluorfen, glifosato, bentazon, setoxidym, 2,4-D amina, etc. Los fertilizantes aplicados con otros herbicidas pueden reducir el control de maleza o resultar fitotóxicos al cultivo. Los fertilizantes solo deben ser empleados con herbicidas solamente cuando está indicado en el marbete o donde la experiencia lo haya demostrado.

El sulfato de amonio usado en la solución al 2% ha aumentado el control de malezas con glifosato. El aumento de la actividad del glifosato es más pronunciada cuando el agua a utilizar como vehículo contiene grandes cantidades de ciertos iones como calcio, sodio y magnesio. El sulfato de amonio contiene contaminantes los cuales dificultan a veces su disolución y tapan picos pulverizadores, por lo cual a veces es necesario una previa disolución en agua y filtrar esas impurezas o utilizar formulaciones que tengan buena disolución. El sulfato de amonio al 2% ha permitido superar serios antagonismos de sales y al 0.5% permite superar el antagonismo a glifosato de 300 ppm de calcio. El sulfato de amonio también interviene en la absorción de herbicidas y permite incrementar la fitotoxicidad de muchos herbicidas en ausencia de sales en el vehículo a utilizar, tales como glifosato, setoxidym, sales de herbicidas hormonales. Los fertilizantes líquidos UAN son efectivos en aumentar el control de muchos herbicidas post y permiten superar el antagonismo de sodio al glifosato, pero no del calcio, etc.

**II. Adjuvante modificador de la solución:** actúa sobre la solución en el tanque, en el camino hacia el objetivo o en el objeto mismo.

Incluyen:

- Humectantes. Aumenta la superficie del área de la gota sobre el objetivo. Generalmente son surfactantes no iónicos.
- Adherentes. Aumentan la adhesión de la gota a la superficie. Impiden el lavado por lluvia.
- Adherentes humectantes. Función múltiple.
- Espesadores. Aumentan la viscosidad. Son agentes antideriva.
- Espumantes. Se mezclan con aire para aumentar superficie del área de las gotitas.

**III. Adjuvante modificador de la utilidad** amplía las condiciones bajo las cuales una fórmula herbicida es útil.

Incluyen:

- Agentes antiespumantes.
- Agentes de compatibilidad. Mantienen el equilibrio de mezclas en general emulsiones. Esto ocurre cuando se mezclan compuestos electrolitos como algunos fertilizantes líquidos.
- Agentes "buffers". Aumentan la dispersión y/o solubilidad de un herbicida. Estos agentes son usados en áreas de aguas extremadamente ácidas o alcalinas. Caso

de compuestos con óxido de elileno para aumentar dispersión de floables o soluciones muy concentradas.

**Modificadores del pH del agua** son empleados para bajar (acidificar) el pH de la solución a pulverizar porque muchos insecticidas y fungicidas pueden ser destruidos en condiciones básicas (altos pH del agua). Muchas de las soluciones no son tan altas o bajas en pH para modificar de manera importante un herbicida en el tanque pulverizador. Adjuvantes reductores de pH son muchas veces empleados para uso con herbicidas debido a una mayor absorción de herbicidas tipo ácidos débiles cuando la solución que los contiene es ácida. Sin embargo el pH bajo no es esencial para optimizar la absorción herbicida. Muchos herbicidas son formulados como sales las cuales son absorbidas tan rápidamente como el ácido original. Las sales en el agua-vehículo a utilizar pueden antagonizar estos herbicidas formulados como sales. En la teoría, las condiciones ácidas pueden convertir el herbicida en un ácido y superar el antagonismo de sales. No obstante, los herbicidas en la forma ácida son menos solubles en agua que la forma de sal. La formación de la forma ácida del herbicida con adjuvantes modificadores de pH puede llevar a la precipitación del herbicida y tapado de picos cuando la solubilidad del producto es excedida, tales como altas dosis en bajos volúmenes de agua. El antagonismo de la eficacia herbicida por sales en la solución a pulverizar puede ser superada sin bajar el pH con la adición de sulfato de amonio o para algunos herbicidas, fertilizantes líquidos con 28% de nitrógeno.

Existen adjuvantes no oleosos, mezclas de distintos tipos de adjuvantes, de naturaleza básica diferentes de los productos que bajan el pH de las soluciones. Estos productos aumentan el pH del agua incrementando la solubilidad en la misma de ciertos herbicidas como nicosulfuron, imazetapir, etc. Por ejemplo la solubilidad de nicosulfuron en agua de pH 5 es de 360 mg/lit, a pH 7 de 12.200 mg/lit y a pH 8 de 39.200 gr/lit. Estos productos adjuvantes contienen fertilizantes líquidos que incrementan el pH del agua, un surfactante que ayudan en la retención, deposición y absorción y un buffer. La investigación ha mostrado que este tipo de adjuvantes aumenta el control de nicosulfuron, imazetapir en forma similar a los adjuvantes tipo aceites de semilla metilados, pudiendo ser usados en aquellas situaciones donde los adjuvantes oleosos son desaconsejados. Por ejemplo los marbetes de uso de dicamba restringen el agregado de adjuvantes a base de aceites cuando se pulveriza solo o en mezclas con nicosulfuron en maíz.

El antagonismo del glifosato por el Calcio puede ser superado por el ácido sulfúrico, pero no por el nítrico, mostrando que el anión sulfato es importante no el ión hidrógeno. La importancia de los sulfatos explica la efectividad del sulfato de amonio y no del UAN en la superación del antagonismo del calcio hacia glifosato. Otros herbicidas los cuales se tornan ácidos con un pH más alto que el glifosato pueden ser realmente más beneficiados por un reductor de pH como lo muestra el caso del setoxidym. De todos modos el setoxidym no requiere un bajo pH para actuar. Un pH de 4 ha superado el antagonismo del sodio hacia el setoxidym, pero fertilizantes nitrogenados o sulfato de amonio también superan el antagonismo del sodio a setoxidym sin bajar el pH. El ion amonio provisto por estos productos es en estos casos un ión importante.

El herbicida imazamethabenz , formulado como éster sulfato, es soluble en agua solamente a muy bajos pH y contiene compuestos químicos para mantener el pH bajo. La cantidad de acidificador en la formulación puede ser inadecuada cuando las dosis de uso son bajas en ciertas aguas alcalinas o en mezclas con otros herbicidas o fertilizantes que aumentan el pH, ocasionando la formación de precipitados. La "solución" al problema es una disminución del pH por un ácido fuerte como sulfúrico o clorhídrico.

En resumen, los adyuvantes que son específicamente diseñados para reducir pH no son generalmente necesarios para mejorar la eficacia de los herbicidas. El tipo de ácido o los componentes del agente buffer y el herbicida específico necesitan ser tenidos en cuenta antes del uso de agentes modificadores del pH.

### **Aspectos de la actividad de los aceites. Aceites vegetales y aceites vegetales concentrados**

Contienen surfactantes y un aceite no fitotóxico. Estas mezclas bajan la tensión de la superficie de las gotitas y solubilizan la cutícula del mismo modo que los surfactantes solos. El aceite aumenta la retención del pulverizado en la hoja y prolonga el tiempo de secado. Toda la actividad aumentada por un aceite vegetal concentrado no puede ser atribuida únicamente a las acciones físicas del adyuvante. Existen otras acciones que tienen lugar entre el aceite, surfactante y el herbicida que alteran la actividad del herbicida.

Entre los factores que rigen la actividad de la mezcla herbicida-coadyuvante están:

- Tipo de aceite vegetal (mineral, soja, algodón, etc.)
- Herbicida
- Tipo y cantidad del surfactante (emulsificante) utilizado en el coadyuvante.
- Maleza objeto
- Cultivo objeto
- Condiciones del medio ambiente en que ellos crecen.

Lo más importante de todo es considerar que estas cosas están relacionadas. Se debe considerar que es lo que funciona más de porqué funcionan. Los aceites operan diferentes con diferentes herbicidas. Con algunos herbicidas las diferencias ocurren entre un coadyuvante basado en aceite vegetal o mineral. En otros casos ocurren entre distintos tipos de aceites vegetales.

En muchos casos estas diferencias no son marcadas o en otros casos son muy marcadas cambiando un adyuvante se cambia el efecto en el control de una maleza o aumentando la fitotoxicidad en el cultivo.

El tipo y cantidad de emulsificante en el coadyuvante es también un factor importante. Como los aceites concentrados contienen entre un 10 y 20% de



emulsificante y como éste varía en calidad con las marcas puede haber una variación grande en el comportamiento de un mismo aceite vegetal formulado con distintos emulsificantes.

Esto se agrega al hecho de que cada maleza objetivo reacciona de manera diferente y la influencia de las condiciones climáticas. El caso del cuadro ejemplifica como un mismo aceite como el de lino puede mejorar el comportamiento en una maleza y disminuye el efecto herbicida en otras; en este caso específico si las malezas predominantes son "cola de zorro" y "yuyo colorado" el agregado de aceite de lino es de utilidad. Si en cambio la maleza a controlar es "morenita" el efecto es contraproducente.

En muchos casos el técnico deberá sopesar el costo adicional del coadyuvante y si la pérdida de efectividad en una maleza es compensado por los beneficios en control de otras.

### Control de malezas con phenmedipham a 2 kg/ha + aditivos

<b>Aditivo l/ha</b>	<b>Volumen</b>	<b>Control %</b>			
		<b>Cola de Zorro</b>	<b>yuyo colorado</b>	<b>morenita</b>	<b>remolacha azucarera</b>
<b>Ninguno</b>	-	24	2	54	5
<b>Aceite lino</b>	<b>2.5</b>	60	40	33	12
<b>Aceite girasol</b>	<b>2.5</b>	50	22	54	13
<b>Aceite petróleo</b>	<b>10</b>	61	17	52	30

## ***Adjuvantes y aplicaciones de herbicidas.***

Diversos herbicidas de aplicación postemergentes permiten el uso de surfactantes no iónicos, aditivos derivados de aceites de petróleo, aceites vegetales metilados o fertilizantes nitrogenados. Los interrogantes en la selección de adjuvantes son comunes. Los aditivos tipo aceite de semilla metilados tienen generalmente mayor control de malezas que los aditivos aceites derivados del petróleo, y adjuvantes no iónicos, pero el costo de estos productos es a veces 2-3 veces mayor. Algunos marbetes restringen el uso de aditivos tipo aceite y recomiendan solo el uso de adjuvantes no iónicos solos o en mezclas con soluciones de fertilizantes basadas en nitrógeno.

Se han encontrado una amplia variación en la actividad de herbicidas por el uso de adjuvantes. En muchos estudios existen pocas diferencias y esto puede depender de las condiciones medioambientales a la aplicación, condiciones de desarrollo de las malezas, dosis de herbicidas empleadas, y tamaño de las malezas. Por ejemplo, en condiciones de alta humedad y temperatura con especies creciendo activamente, los adjuvantes no iónicos+ fertilizantes pueden aumentar el control de malezas tanto como los aceites.

### **Condiciones para el uso de aditivos tipo aceite de semillas metilados:**

- ◆ Baja humedad, tiempo caluroso, falta de lluvias, y especies de malezas estresadas.
- ◆ Malezas más desarrolladas que lo recomendado en el marbete.
- ◆ Herbicidas usados a bajas dosis.
- ◆ Malezas con cierta resistencia a los herbicidas empleados.
- ◆ De acuerdo a las recomendaciones basadas en datos de experiencias. Esto se refiere al uso de productos que son recomendados con aceites de semilla metilados, caso de nicosulfuron, imazetapir, imazamox, etc.

### **En resumen:**

Los adjuvantes son un componente clave en muchas aplicaciones de herbicidas postemergentes. En la decisión sobre usar adjuvante y qué tipo, tener en cuenta lo siguiente:

- ◆ Examinar el marbete del herbicida para las recomendaciones de adjuvante. La mayoría de los productos que se han introducido en los últimos años tienen información sobre adjuvantes. De ser posible utilizar el adjuvante especificado en el marbete.

Si no se consigue la misma marca de coadyuvante deberá procederse a:

Asegurarse que el sustituto tenga las mismas características generales como:

### **Surfactante:**

1. Ionización (noiónico, aniónico, etc.).

2. Que porcentaje de activo del surfactante hay en el producto. En general los porcentajes varían entre 50-100% y el resto es agua y alcoholes. Si la concentración es diferente ajustar de acuerdo al porcentaje.

### **Aceite mineral, vegetal o aceite vegetal concentrado**

1. Si es del mismo origen que el especificado en la etiqueta (vegetal, mineral).
2. Tiene la misma cantidad de emulsificante que el producto especificado.

Muchas marcas especifican solo el tipo de aceite y no la marca de adjuvante o el % requerido de emulsificante. En este caso utilizar un producto con un 15-20% emulsificante.

Para muchos aceites vegetales concentrados la diferencia entre 15 y 20% de emulsificantes es la diferencia entre la performance.

- ◆ **Si no se especifica el tipo de adjuvante, comparar entre marcas conocidas.**

Pequeñas diferencias en un adjuvante pueden hacer gran diferencia en el comportamiento adjuvante-herbicida.

- ◆ **Considerar las condiciones medioambientales cuando se selecciona un adjuvante**, en especial ¿cuales son las condiciones de temperatura , humedad y humedad del suelo?, ¿están las malezas en condiciones de estrés por sequía o están en estado suculento?, ¿cuál es el tamaño del cultivo y las malezas?. Estas condiciones son importantes para predecir cuan activo será el herbicida y su potencial de control de las malezas y de daños al cultivo, por ejemplo si las malezas son suculentas y pequeñas y el cultivo es sensible se puede evitar el uso de adjuvantes basados en aceites o fertilizantes y trabajar con uno de naturaleza no iónica.

- ◆ **Poner cuidado en las mezclas de adjuvantes**

Cuando se mezclen productos tales como activadores y otros como un espesante (antideriva) es deseable probar las mezclas antes de usarla.

Hacer un test de compatibilidad con el herbicida y las características y comportamiento en el cultivo.

- ◆ Si la etiqueta no pide agregado de adjuvante o pide no agregar adjuvante tomar precauciones antes de usar uno.
- ◆ Tener cuidado con las dosis de adjuvantes.

**DIAGRAMACION, COMPOSICION E IMPRESION**

Beatriz E. García  
Omar A. Bortolussi  
Luisa Blatner de Mayoral

**Impreso en los talleres gráficos de la  
E.E.A. Anguil INTA  
“Ing. Agr. Guillermo Covas”**

**Tirada 1000 ejemplares**

**Mayo 2003**