

El uso de los surfactantes como medio para aumentar la eficacia de los herbicidas

Claudio Alister H.
 Marcelo Kogan A.
 mkogan@puc.cl
 Departamento de Ciencias Vegetales

Actualmente existen en el mercado chileno más de 20 compuestos adyuvantes, o sea productos que, según se indica, al ser agregados al tanque de la mezcla mejoran la característica de ésta o la eficacia del tratamiento herbicida. A muchos de estos adyuvantes se les denomina surfactantes. El término surfactante corresponde a productos capaces de reducir la tensión superficial del agua, mejorando la emulsión de los compuestos herbicidas, dispersión, mojamiento, humectación y otras propiedades que modifican la superficie de contacto de los líquidos, o entre un líquido y una superficie. Es por esto, que para considerar a un producto como surfactante, éste debe cumplir con una característica primordial, o sea mostrar una clara e importante actividad hipotensora, y es por esto que en un sentido estricto no todos los adyuvantes son surfactantes propiamente tales, debido a que algunos producen solo leves disminuciones en la tensión superficial de la solución herbicida, y por lo tanto

sus características hipotensoras son mínimas.

La gran mayoría de los productos herbicidas formulados comercialmente, contienen algún producto adyuvante incluido en su formulación, ya sea para mejorar la solubilidad del ingrediente activo en el agua, para lograr mejores emulsiones, y en algunos casos para aumentar la actividad herbicida del ingrediente activo. Sin embargo, algunas empresas de agroquímicos y los usuarios han impulsado un uso adicional, y no siempre racional, de surfactantes al momento de hacer la mezcla en el tanque del equipo de aplicación, con el objetivo general de aumentar la actividad de los herbicidas, y en otros casos el de disminuir el período de tiempo necesario para la absorción foliar del producto, evitando así pérdidas que se producirían con el lavado a consecuencia de las lluvias post aplicación, lo que se conoce como período libre de precipitación.

Características generales de los surfactantes

En general un surfactante, o “*agente activo de superficie*”, como su nombre lo indica, es capaz de dis-

minuir la energía de los enlaces entre las moléculas de agua, o sea reducir la fuerza de tensión superficial del agua. De esta reducción de la tensión superficial se desprenden muchos otros efectos. Así en las etiquetas de algunos productos de este tipo se encuentran términos como: hipotensores, adherentes, humectantes, dispersantes, e incluso, acidificantes, activadores, depositantes y protectores contra radiación UV. Cualquier compuesto al producir una disminución de la tensión superficial del agua, aumenta la superficie de contacto de la gota, y por ende producirá una mayor dispersión de esta, con un aumento del mojamiento, el cual será mayor o menor dependiendo del tipo de surfactante y de la hoja sobre la cual se haya aplicado la solución (Cuadro 1).

Un agente tensioactivo o de superficie (surfactante) posee en su estructura química dos regiones claramente definidas. La primera es la porción lipofílica (no polar) que es afín con la mayoría de los compuestos orgánicos no solubles en agua. Esta porción corresponde a una cadena de grupos hidrocarbonados de una longitud variable. La segunda porción es hidrofílica (polar), y está compuesta

Cuadro 1

Tensión superficial, mojamiento relativo de las soluciones surfactantes respecto al tipo de hoja y tiempo de secado de la gota aplicada. (Gota utilizada de 10µL y concentración de los surfactantes 0,3 % v/v).

Surfactante	Tensión superficial ^{1/} (dinas cm ⁻¹)	Relación de mojamiento respecto al agua ^{1/}		Tiempo de secado de la gota de agua ^{1/} (minutos)
		Maíz	Maravilla	
Agua pura	74,3	1,0	1,0	80
Agua + Aceite	44,3	2,0	1,5	44
Agua + Surfactante Convencional	33,5	3,3	1,9	31
Agua + Surfactante Siliconado	24,3	33,5	6,8	6

¹ Mediciones realizadas en el Laboratorio de Investigación del Departamento de Ciencias Vegetales (LIDCV) de la FAIF.

Cuadro 2

Valores de tensión superficial y de pH de las soluciones de dos formulaciones de la sal del ácido N-(fosfonometil) glicina y dos surfactantes.

Soluciones ^{2/}	Tensión superficial ^{3/} (dinas cm ⁻¹)	pH ^{3/}
Agua pura	73,0-74,0	7,62
Solución glifosato sal isopropilamina ^{1/}	45,0	4,65
Solución glifosato sal trimetilsulfonio sódica ^{1/}	25,0	4,43
Solución surfactante siliconado	23,0	7,52
Solución surfactante convencional	30,0	4,60
Solución glifosato sal isopropilamina + siliconado	30,0	4,62
Solución glifosato sal isopropilamina + convencional	30,0	4,37
Solución glifosato sal trimetilsulfonio + siliconado	24,0	4,51
Solución glifosato sal trimetilsulfonio + convencional	24,0	4,29

¹ Glifosato sal isopropilamina (ingrediente activo de Roundup, Rango, Panzer, Orbe, Atils, Grifos, Baundap, Polado, Potro, Atanor, UAP, Du Pont, Glyphogan, Glifospec). Para este estudio se utilizó Panzer, concentración 360 g ea L⁻¹.

Glifosato sal trimetilsulfonio sódica (ingrediente activo de Touchdown). Concentración 330 g ea ha⁻¹.
² Se prepararon soluciones equivalentes a 1,08 kg de ácido de glifosato (ea) ha⁻¹ en un volumen de aplicación de 171 L de agua ha⁻¹. Surfactantes utilizados en dosis de 0,3 % v/v.

³ Mediciones realizadas en el Laboratorio de Investigación del Dpto de Ciencias Vegetales (LIDCV) de la FAIF.

bería lograr un aumento en la absorción foliar. Además, en el caso de especies con hojas pubescentes el uso de hipotensores permitiría la llegada de la solución aplicada directamente a la epidermis de la hoja, no quedando retenida en los pelos o tricomas. Por otra parte, se ha mencionado que algunos de estos productos promoverían un cambio en las ceras epicuticulares de la hoja, modificando en cierto grado la permeabilidad de la epidermis, permitiendo con esto un paso facilitado del herbicida. También se argumenta que al lograr reducciones de las tensiones superficiales de la solución herbicida bajo 30 dinas cm⁻¹ se produciría una penetración estomática de los herbicidas, lo que sería aplicable a la acción de los surfactantes siliconados.

Si bien es cierto, que los surfac-

tantes (hipotensores) producen los efectos anteriormente descritos, los cuales son en su mayoría cuantificables, la relación de ellos con las respuestas biológicas que se deberían obtener como consecuencia de su uso no es clara, ni directa. Es decir, es crucial determinar si el hecho de disminuir la tensión superficial de la solución herbicida por el uso extra de un surfactante y, por lo tanto, aumentar el mojamamiento, se traduce en un mejor control con un determinado herbicida sobre una especie en particular o en varias especies de malezas, o haría posible disminuir la dosis del herbicida al aumentar supuestamente la absorción de éste. Interrogantes como ésta y muchas otras deben ser aclaradas antes de recomendar el uso de uno u otro surfactante mezclado con un herbicida comercial-agua.

Cuadro 3

Tensión superficial de las diferentes emulsiones de quizalafop etil^{1/}. (Concentración de surfactante 0,3 % v/v)

Herbicida	Solución herbicida aplicada ^{2/}		
	Sola	Aceite	Surfactante convencional
Tensión superficial (dinas cm ⁻¹) ^{3/}			
quizalafop etil	35,2	35,2	34,8

¹ Ingrediente activo del producto comercial Flecha 9.6 EC 96 g ia L⁻¹.

² Se prepararon emulsiones equivalentes a un volumen de aplicación de Volumen de agua 167 L ha⁻¹, conteniendo el equivalente a 144 g ia ha⁻¹ del herbicida Flecha.

³ Mediciones realizadas en el Laboratorio de Investigación del Dpto de Ciencias Vegetales (LIDCV) de la FAIF.

Efecto de los surfactantes sobre la actividad de los tratamientos herbicidas

Existe numerosa investigación en torno al resultado que se lograría al agregar un surfactante adicional a un herbicida formulado. Sin embargo, estos resultados son muy poco consistentes, encontrándose casos en los cuales se ha logrado una mejoría en la actividad de ciertos herbicidas, otros en los que el uso de un surfactante no muestra ningún efecto beneficioso, hasta situaciones en las que se ha producido una disminución de la actividad del herbicida aplicado, o sea, antagonismo. Estas respuestas tan variables se deben a que existen muchos factores que pueden afectar la respuesta al tratamiento herbicida, dentro de los cuales se destacan, el herbicida empleado, la maleza a controlar, su estado de desarrollo, volumen de aplicación, dosis del herbicida, y el surfactante propiamente tal.

Con el objeto de ilustrar cual podría ser el resultado de agregar surfactante, buscando disminuir la tensión superficial de soluciones provenientes de dos diferentes formulaciones comerciales de un mismo ingrediente activo se presenta el Cuadro 2. En este se aprecian los valores de tensión superficial y pH para las soluciones de dos productos comerciales, que corresponden a dos sales del ácido N-(fosfonometil) glicina (glifosato). A ellos se les agregó un surfactante convencional y otro siliconado.

Como se observa, en el cuadro 2 la tensión superficial de la solución dependió de la formulación utilizada. Así, la tensión superficial de la solución de la formulación comercial del glifosato trimetilsulfonio sódica fue la menor, la que además, fue casi tan baja como la que presentó la solución acuosa del surfactante siliconado. Por otro lado, la solución de la formulación comercial del glifosato sal isopropilamina, presentó una tensión superficial bastante mayor (45 dinas cm⁻¹), pero al incorporarle los surfactantes a esta última, no importando si fue convencional o siliconado, se logró disminuir la tensión superficial a 30 dinas cm⁻¹.

Pero ¿cual es la utilidad de la información presentada en el Cuadro

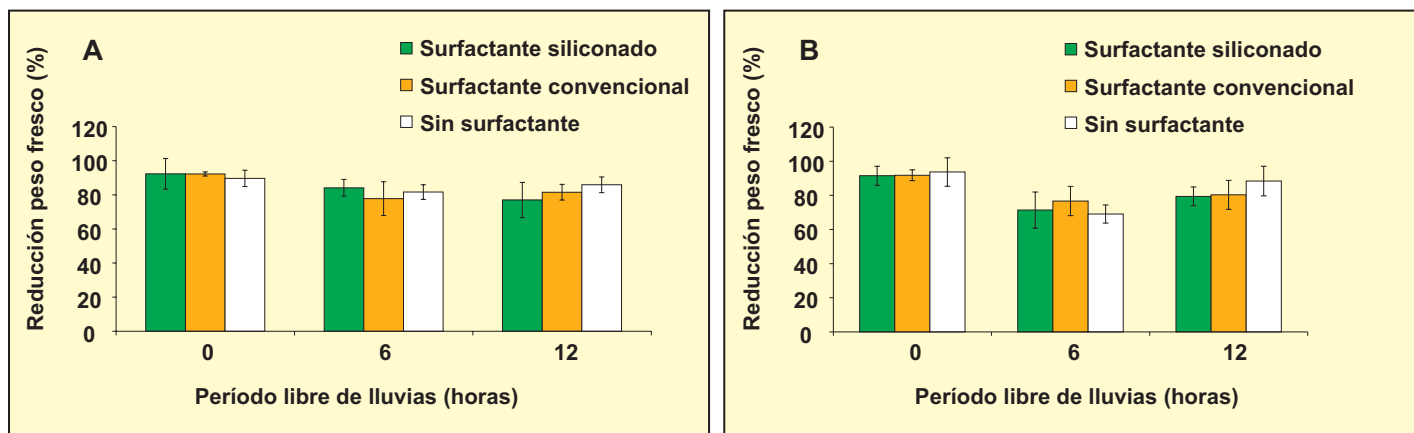


Figura 4. Efecto de la aplicación de dos sales formuladas del ácido N-(fosfonometil) glicina solas, y en mezcla con un surfactante siliconado o con uno convencional sobre el crecimiento de plantas de sorgo (*Sorghum vulgare*). Los resultados están expresados como reducción del peso fresco. (A) Glifosato sal isopropilamina y (B) Glifosato sal trimetilsulfonio sódica. Dosis de los herbicidas 1,08 kg ae ha⁻¹ y surfactantes 0,3 % v/v. Volumen de aplicación equivalente a 171 L ha⁻¹. Barras de error indican la desviación estandar.

2?. Si se vuelve a la hipótesis inicial y central que indica que a una menor tensión superficial de la solución herbicida, mayor será el mojamiento, y por ende una mayor absorción y actividad del herbicida, la formulación de la sal trimetilsulfonio sódica sola o con surfactante (tensión 24 dinas cm⁻¹) debería ser más efectiva que la formulación de la sal isopropilamina, ya sea con surfactante convencional o siliconado (30 dinas cm⁻¹), y esta, a su vez, debería ser más efectiva que la formulación de la sal isopropilamina sin surfactante extra (45 dinas cm⁻¹). Sin embargo, al ver la Figura 4, donde se muestra el efecto de estas solucio-

nes sobre el crecimiento de plantas de sorgo (*Sorghum vulgare*), se aprecia que el resultado biológico no se relacionó con la respuesta esperada en base a las tensiones superficiales de las distintas soluciones. Así, se puede ver, que con el glifosato sal isopropilamina sola o con surfactante se logró el mismo nivel de control, y, ninguna de los dos glifosatos (sales isopropilamina y trimetilsulfonio) pudo contrarrestar el efecto de la ocurrencia de una lluvia seis horas después de la aplicación. De ahí que se puede pensar que la absorción foliar de los herbicidas no mejoró a consecuencia de la reducción en la tensión superficial,

incluso la formulación del glifosato sal isopropilamina, que mostró una tensión superficial mayor (45 dinas cm⁻¹), sufrió una pérdida de control debido a la ocurrencia de una lluvia seis horas después de la aspersión, menor que el glifosato sal trimetilsulfonio sódica, que presentó la más baja tensión superficial (23 dinas cm⁻¹).

Esta relación tensión superficial-actividad herbicida se puede analizar desde otro punto de vista al observar la Figura 5. Esta figura muestra los resultados obtenidos al tratar plantas de ballica (*Lolium multiflorum*) con quizalafop etil, graminicida no selectivo, solo y en mezcla con un surfactante convencional o un aceite. Los resultados muestran que para este tipo de herbicida, la incorporación de un aceite fue capaz de revertir la pérdida de actividad que sufrió el herbicida al ser sometido a una lluvia dos horas después de la aplicación, con lo que se podría inferir que la tasa de absorción foliar del herbicida aumentó por efecto del aceite. Sin embargo, con la incorporación del surfactante convencional no ocurrió lo mismo. Si junto con los resultados biológicos obtenidos se analizan valores de tensión superficial de la soluciones aplicadas (Cuadro 3), nuevamente queda de manifiesto que el aumento de la actividad del herbicida no se podría explicar en función de una disminución de la tensión superficial de la solución, sino que supuestamente por un aumento de la penetración del herbicida, quizás debido a un cambio en la permeabili-

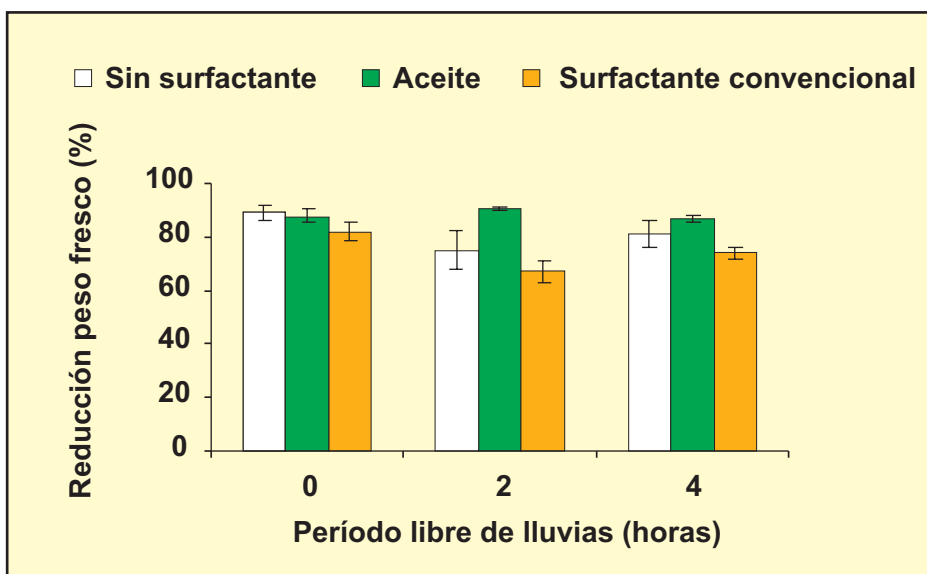


Figura 5. Efecto de la aplicación de quizalafop etil solo y en mezcla con aceite o con surfactante convencional sobre el crecimiento de plantas de ballica (*Lolium multiflorum*) medido como la reducción del peso fresco. Dosis herbicida 144 g ia ha⁻¹ y surfactantes 0,3 % v/v. Volumen de aplicación equivalente a 167 L ha⁻¹. Barras de error indican la desviación estandar.

dad de las membranas, o a un aumento de la permanencia de la gota de agua en la hoja (Cuadro 1). Además, se puede ver, al igual que en la Figura 4, que al no existir lavado del herbicida desde el follaje por efecto de la lluvia, no existió ningún efecto real al adicionar una cantidad extra de aceite o surfactante al producto comercial.


Comentarios finales

Finalmente el lector podrá concluir que disminuir la tensión superficial como un fin para lograr un aumento de la actividad de un herbicida no es del todo correcto, ya que, al parecer, las diferencias que existen en el control de las malezas al aplicar una formulación comercial de un herbicida solo o con surfactantes extras no se debe a una causa clara y atri-

buible solo al mayor mojamamiento logrado por la disminución de la tensión superficial. Además, es notable que ciertos productos comerciales tienen en sus formulaciones, adyuvantes que ejercen grandes efectos hipotensores, llegando incluso a igualar el efecto que produce un surfactante siliconado y, por ende, agregar otros productos, con el solo fin de disminuir la tensión, para así lograr aumentar el mojamamiento, es discutible.

Por último, es preciso aclarar que el uso de surfactantes adicionales a los ya existentes en la formulación comercial de un herbicida, no siempre es un error, como tampoco siempre su uso repercutirá en una mejor respuesta. Lo que se debe tener claro es que la relación herbicida-surfactante es compleja, y va más allá de un simple cambio físico-químico de la solu-

ción, por lo cual hay que considerar muy bien las condiciones al momento de la aplicación para así poder decidir el uso y el tipo de surfactante a seleccionar, si fuera el caso.

Con este artículo los autores han pretendido ofrecer al lector, potencial usuario de surfactantes, elementos de juicio para ayudarlo en la toma de decisiones. Además, se debe reconocer que se han presentado los resultados de los trabajos realizados en el programa Biología de Malezas y Estrategias de control del Departamento de Ciencias Vegetales, que mejor ilustraban los conceptos que se deseaban presentar y discutir, sin significar que no pueden existir o producirse otras situaciones en las que sí el uso de algún producto adyuvante sea beneficioso al aumentar la efectividad del tratamiento herbicida. 

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal - PUC

Ciclo Internacional de Cursos en Gestión Ambiental y Territorial de la Producción Agrícola y Forestal

29 de septiembre al 10 de octubre de 2003

Centro de Extensión UC
9:00 a 17:00 hrs

Cursos

- Fertilización orgánica y efectos de la agricultura sobre el medio ambiente
- Producción animal sustentable y reciclaje de residuos orgánicos
- Derechos y manejo territorial para el desarrollo urbano y rural
- Producción animal en la Comunidad Europea desde el punto de vista de la nutrición animal
- Manejo de bosques para el secuestro de carbono

Informaciones e Inscripciones

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile
Teléfonos 56 2 686 4142 - 686 5773, Fax 56 2 552 6005
Email jvalech@puc.cl
www.faif.puc.cl



FAIF



TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN